Die Normaltäuschungen in der Lagewahrnehmung

Inauguraldissertation

zur Erlangung der Doktorwürde der philosophischen Fakultät der Universität Leipzig

vorgelegt

von

C. Spearman

ACAD. LAUREAT. KIEL.

Mit 21 Textfiguren

Leipzig
Wilhelm Engelmann
1905

Angenommen von der mathematisch-naturwissenschaftlichen Sektion auf Grund der Gutachten der Herren Wundt und Bruns.

Leipzig, den 31. Oktober 1905

Der Prokanzellar
Seeliger.

Inhaltsverzeichnis.

	Versuchs-Gruppe	Seite
I. Einleitung	—	1
1. Die bisherigen Ergebnisse	—	1
2. Kritik der bisherigen Deutungen der Versuche	—	10
3. Die drei fundamentalen Orientierungsklassen und ihre Entwicklungsgeschichte	—	12
4. Kritik der bisherigen Methodik	—	19
a) In bezug auf die Lokalisationsfeinheit	—	19
b) In bezug auf die Täuschungen	—	21
5. Die gegenwärtigen Versuche und der Gebrauch der »wahrscheinlichen Abweichung«	—	24
II. Die »segmentale« Täuschung	—	27
1. Halbwissentliches Verfahren	1	27
a) Versuchsbedingungen	—	27
b) Objektive Ergebnisse	—	29
c) Subjektive Ergebnisse	—	34
2. Die Täuschung nach Übung	2	37
3. Wissentliches Verfahren	3	39
III. Die »artikulare« Täuschung	—	41
1. Tastlokalisation am linken Arm	—	41
a) Der Unterarm liegt parallel zur Querachse des Körpers	4	41
b) Der Unterarm liegt nach vorn ausgestreckt	5	46
c) Entwicklung der Täuschung	6	47
2. Blicklokalisation am linken Arm	—	49
a) Die Täuschung längs des ganzen Arms	7	49
b) Blick- verglichen mit Tastlokalisation	8	53
c) Vergleich zwischen »blickend-passiver«, »aktiv-passiver« und »blickend-aktiver« Lokalisation	9	57
d) Der ganze Fühlraum, bei geübten Beobachtern	10	58
e) Der ganze Fühlraum, bei unbefangenen Beobachtern	11	61
3. Lokalisation an andern Körperteilen	—	66
a) Am rechten Arm	12	66
b) An den Oberschenkeln	13	66
c) Am rechten Fußknöchel	14	68
d) An der Handfläche	15	70
4. Das Unterschätzungsgesetz	—	71

	Versuchs-Gruppe	Seite
IV. Beeinflussende Momente	—	74
1. Bewegung	—	74
a) »Blickend - passive« verglichen mit »blickend - aktiver« Lokalisation	16	74
b) »Aktiv-passive« verglichen mit »aktiv-aktiver« Lakalisation	17	76
c) Einfluss der Bewegung auf Lokalisationsfeinheit	18	77
2. Schmerz	—	80
a) Lokalisation eines schmerzhaften Reizes	19	80
b) Lokalisation bei Schmerz an einer entfernten Körperstelle	20	81
3. Spannungsempfindungen	21	83
4. Einfluß der Beobachtungsweise (besonders der Verteilung der Aufmerksamkeit)	—	84
5. Die Lokalisation der Blinden	23	88
V. Erklärungsversuch	—	90
1. Der negative Grund der »artikularen« Täuschung	—	90
2. Die Verdrängung durch Aufmerksamkeit	—	92
3. Der positive Grund aller Lokalisationstäuschungen	—	95
VI. Hauptergebnisse	—	102

Anhänge.

I. Ein »Brown-Séquardscher« Fall	104
II. Formel zum Eliminieren des Beobachtungsfehlers	106
III. Korrelation zwischen Ordnungsserien	107

DIE FIGUREN.

Die Punkte zeigen die Reizstellen an.

Die Querstriche an den entgegengesetzten Enden der Linien bedeuten die Täuschungen von überwiegend »segmentaler« Art.

Die Kreuze dagegen bezeichnen »artikulare« Täuschungen, und zwar repräsentieren die unterbrochenen Linien Tastlokalisationen, die ausgezogenen Linien Blicklokalisationen.

I. Teil. Einleitung.

Unter »Normaltäuschungen« sind solche zu verstehen, die weder durch pathologische Zustände, noch durch abnorme Versuchsbedingungen (z. B. durch Kreuzung der Finger) entstanden sind. Zur Darlegung meiner eigenen Ergebnisse auf dem Gebiete der taktilen Lagewahrnehmung scheint ein vorangehender kurzer Blick über die bisherigen sogenannten Lokalisationsversuche unentbehrlich zu sein; an dieser Stelle sollen nur die hauptsächlichsten seither mitgeteilten Tatsachen angeführt werden; auf die Deutungen und die Kritik kommen wir erst in den Abschnitten 3 und 4.

1. Die bisherigen Ergebnisse.

Volkmann[1]) (1844), durch die Forschungen von Weber angeregt, hat wohl als der erste über Lokalisationsversuche berichtet. Seine Beobachter ließen sich bei verschlossenen Augen stechen und zeigten dann mit geöffneten Augen den Punkt, an welchem vermeintlich gereizt wurde. Die durchschnittliche Größe des begangenen Fehlers schwankte von 1 mm an den Fingerspitzen bis zu 4 cm am Oberarm; hier ist offenbar eine große Ähnlichkeit mit den von Weber konstatierten Schwellen für Unterscheidung zweier Zirkelspitzen zu verzeichnen. Die Richtung der Fehler lag gewöhnlich in der Längsachse der Nerven; drei Personen hatten eine distale, die vierte dagegen eine proximale Tendenz.

E. H. Weber[2]) (1852) führte jetzt selbst ein Lokalisationsverfahren ein, welches sich seitdem allgemeiner Gunst erfreut hat. Es mußten nämlich die Versuchspersonen bei geschlossenen Augen nach dem vermeintlichen Orte mit einem Stift herumtasten. Die Ergebnisse sind wieder dem mit Zirkelspitzen gemessenen »Raumsinn« proportional gefunden worden.

[1]) Wagners Handwörterbuch d. Physiologie. II. S. 571.
[2]) Ber. d. K. Ges. d. Wiss. z. Leipzig, M-P Klasse.

Aubert und Kammler[1]) (1858) wollten das neue Webersche Verfahren nachprüfen. Zu ihrer Überraschung fanden sie die Fehler viel kleiner, als sie nach den Raumsinnschwellen sein sollten; nur der erste Kontakt des Stiftes, wenn die Haut überhaupt zum ersten Male berührt wurde, konnte einen viel größeren Fehler erzeugen. Die Fehlergröße zeigte keine Abhängigkeit vom Drucksinne.

Szabadföldi[2]) (1862) bediente sich desselben Verfahrens, konstatierte aber wiederum, daß die Fehler dem Raumsinn entsprechen; sie sollen sich vermindern, wenn man das reizende Instrument heizt.

Kottenkamp und Ullrich[3]) (1870) wollen das Verhältnis zum Raumsinn durch sorgfältigere Webersche Versuche endgültig festsetzen; an einigen Stellen finden sie eine gute Übereinstimmung; an andern dagegen tritt eine unerklärliche Diskrepanz zutage. Die Tendenz der Fehler ist eher proximal.

Donders[4]) (1871) wendet sich einem ganz neuen Verfahren zu, freilich zu wesentlich andern Zwecken. Er verdunkelt das Zimmer vollständig mit Ausnahme eines sehr lichtschwachen, elektrisch beleuchteten Punktes, welchen der Beobachter fixieren soll; dann läßt Donders etwas seitlich vom Beobachter einen elektrischen Funken überspringen. Der Beobachter weiß den Ort des Funkens, sowie den des Fixationspunktes, mit dem Finger gut zu treffen.

Bloch[5]) (1884—1902) will auch ein neues Verfahren gebrauchen. Er stellt einen zweiflügeligen vertikalen Schirm in der Weise vor sich auf, daß jede Hand verschiedene Orte je eines Flügels erreichen kann. Nun versucht er beide Hände zu genau korrespondierenden Orten an den zwei Flügeln emporzuheben. Für Orte in der Nähe seines Körpers beträgt die durchschnittliche Diskrepanz der Hände 1—2 cm; für Orte weit vom Körper dagegen steigt sie bis zu 4—6 cm. An den Ergebnissen wird nichts geändert, wenn der eine Arm ganz ruhig auf einem Kissen liegt, und auch dann nicht, wenn er durch Gummibänder, die ihn gewaltsam von der Stelle wegzuziehen streben, in starke Spannung gebracht wird. Besonders schwer fällt es, die eine

---

[1]) Moleschotts Untersuch., 5 (1), S. 174.
[2]) Moleschotts Untersuch., 9, S. 624.
[3]) Archiv f. Ophthalmologie, 17 (2), S. 39.
[4]) Zeitschrift f. Biologie, 6, S. 41.
[5]) Comptes Rendus de la Société de la Biologie, 1884 und 1902.

Hand an den Ort zu bringen, welchen die andere soeben verlassen hat. In einer späteren Arbeit glaubt dieser Forscher das Webersche Verfahren mit Vorteil dahin zu modifizieren, daß er sich selbst reizt; dies geschieht aber mit solcher Kraft, daß er die Stelle nach der Lokalisation noch sehen kann; auf diesem Wege entdeckt er, daß das bekannte Vierordtsche Gesetz für den Fuß wenigstens ungültig ist.

Leubuscher[1]) (1886) findet nach dem Weberschen Verfahren, daß die Lokalisationsfehler insofern vom Drucksinne abhängig sind, als sehr schwache Reize etwas besser lokalisiert werden.

Barth[2]) (1894) wendet sich zur Erforschung des Lokalisationsgedächtnisses und konstatiert eine regelmäßige Zunahme des Fehlers mit dem Zeitintervall. Er benutzt nicht nur das Webersche, sondern auch folgendes neues Verfahren: Ein Punkt wird auf der Haut mit Tinte notiert; der Beobachter merkt sich den Punkt, schließt die Augen und versucht ihn nun mit dem Stifte zu berühren; die Fehler zeigen sich kleiner als nach dem Weberschen Verfahren. Im allgemeinen haben die Fehler eine distale Tendenz.

Henri[3]) (1893—1898) führt mannigfache sinnreiche Neuerungen ein. Die meisten Versuche geschehen noch nach dem Volkmannschen Verfahren, aber mit der interessanten Modifikation, daß der Beobachter die vermeintliche Stelle nicht mehr auf dem gereizten Gliede selbst, sondern auf einer Photographie davon anzeigt; die Modifikation soll keine Änderung der Ergebnisse herbeigeführt haben; aber nunmehr können die Fehler graphisch registriert werden. Henri kommt zu dem Ergebnis, daß man gewöhnlich zu nahe an irgendeiner hervorragenden Stelle (»Leiste, Knöchel, Rand, Gelenk usw.«) lokalisiert; je zahlreicher solche Anhaltspunkte vorhanden sind, desto kleiner sind die Fehler; letztere werden größer bei schwachem Reize[4]).

---

[1]) Jenaische Zeit. f. Naturwiss., 20, S. 34 (auch im Zentralbl. f. klin. Med. 7. Jahrg., S. 129).

[2]) Études sur le sens du lieu et sur la mémoire de ce sens. Diss. Dorpat. Da ich leider der russischen Sprache nicht mächtig bin, muß ich mich auf die Angaben von Henri stützen (Die Raumwahrnehmung des Tastsinnes, 1898, S. 93).

[3]) Archives d. Physiologie, 1893, S. 615; Année psychologique, 2. S. 168, und 3. S. 225; C. R. de la Soc. de Biol., 1896; Rev. Phil. 1897; Über die Raumwahrnehmungen des Tastsinnes, 1898.

[4]) Es ist nicht zu ersehen, ob Henri darauf Rücksicht genommen hat, daß man schon das Gegenteil angegeben hatte.

Ein anderes Verfahren bestand darin, daß die Hand der Versuchsperson unter einem in Quadratzentimetern eingeteilten Schirm lag; der Experimentator beschreibt mündlich einen Hauptpunkt, und der Beobachter muß dann sagen, unter welchem Quadrat er liegt; die Fehler sind sehr klein und bevorzugen die Richtung nach dem Körper zu. In das Webersche Verfahren führt Henri die nützliche Modifikation ein, daß er den Stift des Beobachters durch eine mit Tinte gefüllte Glasröhre ersetzt und so eine graphische Registrierung des gesamten Herumtastens entstehen läßt. In einer andern Versuchsserie darf der Beobachter die vermeintliche Stelle nicht berühren, sondern nur auf sie von oben hindeuten; jetzt sind die Fehler an den Fingern ebenso groß, wie am Arm; ihre Richtung ist individuell verschieden; die vertikale Entfernung des Zeigefingers von der gereizten Haut wird meistens sehr überschätzt. Auch andere Variationen sind probiert und außerdem das Barthsche Verfahren nachgeprüft worden; eine interessante Versuchsserie beschäftigt sich mit der Unsicherheit in der Angabe der Finger[1]). Im allgemeinen betont Henri die überwiegend distale Tendenz der Fehler.

Lewy[2]) (1895) beschäftigt sich, wie im vorangegangenen Jahre Barth, mit dem Lokalisationsgedächtnis; sowohl Verfahren wie Ergebnis sind den früheren sehr ähnlich. In einigen Versuchen aber beobachtet Lewy (wie einst Aubert und Kammler) sorgfältig die Stelle des ersten Kontakts des Stiftes mit dem gereizten Gliede; doch findet er den Fehler nicht viel größer als den nach dem suchenden Herumtasten. In einigen weiteren Versuchsserien wird während der Lokalisation die Aufmerksamkeit der Versuchsperson in verschiedener Weise abgelenkt; dadurch wird der Fehler allemal größer.

Pillsbury[3]) (1895) widmet sich besonders der Beeinflussung der Lokalisation durch die Gesichtsvorstellungen. Nach dem

---

[1]) Es ist sonderbar, daß er dabei diese Verwechslung der Finger als eine Neuentdeckung betrachtet. (Vgl. Die Raumwahrnehmung des Tastsinnes, S. 126 u. 128.) Die Tatsache ist doch wohl lange bekannt. Unter andern haben sie Mitchell (Injuries of Nerves and their consequences, 1874, Chap. 6) und Leubuscher (Jenaische Zeit. f. Naturwiss. 1886, Bd. 20, S. 24) konstatiert. Ich glaube gezeigt zu haben, daß die Unterscheidung der Finger und Zehen wesentlich von Miterregungen in den Gelenken abhängt (Brit. J. Psych., I, S. 302—304).

[2]) Zeitschr. f. Psychologie, 8. S. 231.

[3]) Am. J. Psychology, 7, S. 42.

Weberschen, wie auch nach dem photographischen Verfahren Henris findet er, daß die Genauigkeit abnimmt, wenn man sich bemüht, kein Gesichtsbild von der gereizten Hautstelle zu haben. Die Fehler liegen in distaler Richtung.

Washburn[1]) (1895) erforscht die Beeinflussung durch die Gesichtsvorstellungen weiter und kann dieselbe in mannigfachen Erscheinungen spüren. Gewöhnlich wurde der Beobachter an zwei Stellen, oder mit einer fortlaufenden Kante gereizt. Auch einige Webersche Versuche wurden gemacht. Die Fehler neigen nicht gegen die »Grenzlinien« zu (wie Henri behauptete), sondern rücken von ihnen ab; zu diesem Henri widersprechenden Ergebnis sei, wie Washburn mitteilt, auch Pillsbury gekommen. Die Tendenz der Fehler scheint bei Washburn proximal zu sein.

Parrish[2]) (1896) wiederholt die obigen Versuche Pillsburys, macht aber die Henrische Modifikation, daß der Beobachter auf die vermeintliche Stelle bloß von oben hindeutet. Dadurch werden die Fehler viel größer; im übrigen stimmen die Ergebnisse mit denen von Pillsbury überein.

Kramer und Moskiewicz[3]) (1901) wiederholen die Versuche von Bloch, indem sie die beiden Arme symmetrisch zueinander zu stellen suchen. Ebenso wie Bloch finden sie, daß Muskelspannung keinen Einfluß ausübt. Auch prüfen sie die Genauigkeit, mit der der eine Arm die vom andern eingenommene Stellung symmetrisch reproduzieren kann; dabei zeigte die Reproduktion eine auffallende Neigung, die bequemste Lage zu bevorzugen.

Pearce[4]) (1902) teilte in einem Aufsatz über »normale motorische Suggestibilität« mit, daß eine Lokalisation durch einen simultanen Nebenreiz merklich beeinflußt, und zwar gegen letzteren hingezogen wird; sein Verfahren ist das von Aubert und Kammler, indem nur die Stelle des ersten Kontaktes des suchenden Stiftes mit dem gereizten Glied in Betracht gezogen wird. Schon im nächsten Jahre kann Pearce die eben erwähnte Erscheinung nicht nur bestätigen, sondern sie auch bei der visuellen und akustischen Orientierung nachweisen.

---

[1]) Phil. Studien, II, S. 190.
[2]) Am. J. Psychology, 8, S. 250.
[3]) Zeitschr. f. Psychologie, 25, S. 101.
[4]) Psych. Review, 9, S. 329.

2. Kritik der bisherigen Deutungen der Versuche.

Die Absicht der ursprünglichen Lokalisationsversuche von Volkmann war darauf gerichtet, zu den Weberschen Experimenten mit den Zirkelspitzen eine Ergänzung zu liefern; letztere Versuche hatten, wie man annahm, die Feinheit der angeborenen »Raumanschauung« geprüft; erstere dagegen sollten sich auf die erworbenen, von den geometrischen Verhältnissen der Glieder abhängigen »Ortserkenntnisse« beziehen, vermöge deren die Hand jeden beliebigen Körperteil sofort zu berühren vermöge. In diese Begriffsunterscheidung scheint Weber eingewilligt zu haben; denn er bezieht seine späteren Zirkelergebnisse auf den »Raumsinn«; keineswegs aber gibt er zu, daß der »Ortssinn« durch solche Lokalisationsversuche zu prüfen sei; letztere betrachtet er vielmehr bloß als andere, nur weniger genaue Prüfungen des Raumsinnes. Die meisten späteren Forscher haben nicht einmal Volkmanns Terminologie angenommen[1]), sondern vielmehr in beliebiger Abwechslung Raumsinn und Ortssinn als synonyme Begriffe gebraucht; während für diejenige räumliche Orientierung, welche von den geometrischen Verhältnissen der Glieder abhängt, der Ausdruck »Lagewahrnehmung« vorgezogen wurde.

Jedoch ist im Jahre 1858 von Aubert und Kammler die Bezeichnung Ortssinn nochmals energisch für Lokalisationsversuche gefordert worden; begrifflich aber wird jetzt der Ortssinn vom Raumsinn folgendermaßen unterschieden: »Hier wird die Fähigkeit der Unterscheidung zweier Punkte und ihrer Lage zueinander, dort die Fähigkeit, die Lage eines Punktes in bezug auf fühlende Punkte unserer Haut anzugeben, geprüft«[2]). So fällt der klare Volkmannsche Begriff weg, und statt dessen tritt ein ziemlich unklarer ein; denn der psychologische Unterschied zwischen »der Lage zweier Punkte zueinander« einerseits und »der Lage eines Punktes in bezug auf fühlende Punkte« andererseits ist nicht ohne weiteres einzusehen. Diese theoretische Unterscheidung hat neuerdings mehrere energisch für sie eintretende Anhänger gefunden[3]), aber eine haltbarere Defi-

[1]) Vgl. Nothnagel, Deutsches Archiv f. klin. Med. 2, 1867; Dehn, Vergleichende Prüfungen über den Haut- und Geschmackssinn, 1894; v. Frey, Sitzungsb. d. phys.-med. Ges. zu Würzburg, 9. Nov. 1899.

[2]) Moleschotts Untersuch., 5 (1), S. 174.

[3]) Vgl. Förster, Monatsschr. f. Psychiatrie u. Neurologie, 9, 1901; auch die schon angeführten Werke von Henri.

nition oder eine einwandfreie Begründung ihres Standpunktes haben diese kaum geliefert[1]); trotzdem ist es wohl möglich, daß sie sich im wesentlichen dem wirklichen Tatbestand angenähert haben. Wie dem auch sein mag, sicher ist die fortbestehende Uneinigkeit in der Deutung der Lokalisationsversuche; dabei gibt die schwankende Terminologie manchen Anlaß zu gegenseitigen Mißverständnissen, welche einen sachlichen Abschluß der Untersuchungen keineswegs fördern.

In anderer Hinsicht dagegen haben die bisherigen Forscher eine ebenso merkwürdige Übereinstimmung gezeigt; das Wesen nämlich des Lokalisationsprozesses ist allemal als kinetisch angesehen worden. Diese kinetische Hypothese tritt zwar in mannigfaltigen Schattierungen zutage, aber ihre tatsächlichen Wirkungen laufen hier immer auf dasselbe Resultat hinaus; denn für jeden Lokalisationsfehler wird — ohne irgendeine empirische Begründung — dem sich momentan bewegenden Gliede die Schuld gegeben. Schon von Aubert und Kammler[2]) wird der Fehler als eine falsche Beurteilung »der Größe der ausgeführten Bewegung« aufgefaßt. Pillsbury[3]) und nach ihm Parrish[4]) begründen die von ihnen beobachtete distale Tendenz der Lokalisationen mit dem Loebschen Satze, daß Flexionsbewegungen gegenüber Extensionsbewegungen unterschätzt werden[5]). Henri[6]) gibt für alle Beobachter verschiedene »individuelle« Erklärungen, welche aber mit der obigen kinetischen Voraussetzung sämtlich übereinstimmen; der erste Beobachter soll den Arm zuviel, der zweite ihn zuwenig bewegt haben, während der dritte alles beides begangen haben soll, indem die Bewegung der Schulter zu groß, die des Ellenbogens jedoch zu klein gewesen sei. Ebenso geben Kramer und Moskiewicz[7]) für alle Lokalisationsfehler der

---

[1]) Im Jahre 1902 schlug Henri vor, die Bezeichnungen Raumsinn und Ortssinn durch »degré de distinction« und »localisation« zu ersetzen; aber seine Erklärung des letzten Begriffes blieb noch objektiv (reconnaître le point de la peau qui a été le siège d'impression tactile). Von Claparède sind drei Ausdrücke vorgeschlagen worden: »discrimination tactile«, »perception cutanée spatiale« und »localisation« (C. R. de la Soc. de Biolog., 54, S. 343 und 757).

[2]) a. a. O. S. 161.

[3]) a. a. O. S. 52—53.

[4]) a. a. O. S. 265.

[5]) Pflügers Archiv. Bd. 46, 1890.

[6]) Die Raumwahrnehmung des Tastsinnes. S. 111—114.

[7]) a. a. O. S. 111—112.

Ungenauigkeit der Bewegungen die Schuld. Schließlich, und am ausdrücklichsten, sagt Pearce[1]), daß »seine Arbeit sich auf die Theorie stütze, daß jede Empfindung und jedes Bild des sensorischen Reizes ein mehr oder weniger bestimmtes motorisches Element habe, dessen Natur in einer Tendenz zu Lokalisationsbewegungen bestehe«. Eine andere Erklärungsart kommt bei keiner Untersuchung vor[2]).

Aber trotz dieser vollständigen Übereinstimmung so vieler ausgezeichneter Forscher kann ich mich des schweren Bedenkens dagegen nicht erwehren, daß man die Fehlerquelle in einer rein spekulativen Weise bestimmen wollte. Vorsichtiger wäre es jedenfalls, dieser Fehlerquelle vorurteilslos nachzuforschen, und die Spekulation auf die nahe zur Hand liegenden Tatsachen, nicht umgekehrt, zu gründen.

3. Die drei fundamentalen Orientierungsklassen[3]) und ihre Entwicklungsgeschichte.

Durch die oben geschilderte Unklarheit in der Auffassung des Problems und durch Voreingenommenheit in bezug auf die Lösungen scheint mir allem Fortschritt der Weg von vornherein abgesperrt zu sein. Um vorwärts zu kommen, müssen wir vor allem die körperlichen Orientierungen in drei Fundamentalklassen einteilen; zwischen diesen sind wohl Kombinationen, kaum aber eigentliche Übergänge aufzuweisen.

Es wird sich dann bald zeigen, daß diese drei Klassen ebensovielen wohlmarkierten Entwicklungsstufen entsprechen. Dabei soll aber die Rede keineswegs von der ursprünglichen, sondern nur von der nächstliegenden Genese sein; denn offenbar sind diese beiden Ordnungen der Erklärung eines Entwicklungsproduktes sehr deutlich zu unterscheiden; in der Erdgeschichte z. B. hat man vor 2000 Jahren eine Wirbeltheorie und andere geniale, noch heute beachtenswerte Hypothesen von der Entstehung der Welt aufzustellen gewußt. Aber erst seit einem Jahrhundert ist man in die weniger anspruchsvolle Wissenschaft der allerletzten Phasen der Erdentwicklung, in die Geologie, eingedrungen. Und so werden wir jetzt wohl

[1]) Psych. Review. 9, S. 333.

[2]) Außer dem erwähnten Einflusse der Gesichtsvorstellungen.

[3]) Hierbei wird nur die Orientierung der Körperteile untereinander in Betracht gezogen. Die weitere taktile Orientierung in bezug auf die Außenwelt, wie sie mittels des Ohrlabyrinthes usw. zustande kommt, wird nicht berührt.

tun, uns auch in bezug auf jenes im Laufe der Zeit entwickelte Produkt, welches wir die taktile Raumvorstellung nennen, der bescheidenen Erforschung der nächstliegenden Genesen zuzuwenden. Davon werden vielleicht schließlich die Hypothesen über die ursprüngliche Entstehung selbst einen nicht zu unterschätzenden Nutzen ziehen.

Der ersten Orientierungsklasse und zugleich der ältesten Entwicklungsstufe entspricht der sogenannte »Raumsinn«, wie ihn Weber mit den Zirkelspitzen maß. Diese Fähigkeit hängt unmittelbar von der Differenzierung der zwei betreffenden Tastempfindungen ab; durch diese Differenzierung wird bei simultaner Reizung die Zerlegung, bei sukzessiver die Unterscheidung erst ermöglicht. Theoretisch zwar sollte diese Fähigkeit noch weiter in die Wahrnehmung der Zweiheit und in die des räumlichen Auseinanderseins analysiert werden; aber empirisch wenigstens laufen diese zwei Fähigkeiten, selbst in pathologischen Fällen, beinahe parallel (wenn auch nicht ganz, wie ich glaube)[1]).

In der zweiten Klasse dagegen beruht die Orientierung nicht auf einer unmittelbaren Vergleichung zweier Empfindungen, sondern auf der Vermittlung einer »assimilativ« reproduzierten Vorstellung des umgebenden Hautgebietes. Diese Klasse kommt am reinsten zum Vorschein in den Versuchen von Henri, Pillsbury und Washburn, wo der Beobachter die vermeintliche Reizstelle nicht auf dem gereizten Gliede selbst, sondern auf einer Photographie oder einem Modell anzeigt; sie liegt ferner den Versuchen von Henri und Barth zugrunde, wo der Beobachter die vermeintliche Stelle in Worten beschreiben soll, wie in Kliniken gebräuchlich ist. Offenbar ist diese Klasse grundverschieden von der ersten; man kann sehr wohl zwei Stiche räumlich auseinanderhalten und doch beide auf ein falsches Hautgebiet verlegen. In dieser reproduzierten Vorstellung des Hautgebietes sind gleichzeitig sowohl Tast- als auch Gesichtskomponenten vorhanden, und je nach den Umständen können die einen oder die andern dominieren; der Übergang ist aber zu fließend, als daß man daraus zwei Klassen bilden könnte; gewöhnlich hat diese Vorstellung einen sehr schematischen Charakter und enthält nur das, was praktisch nötig ist.

Diese zweite Orientierungsklasse scheint nun den wahren Kern des

[1]) Die Besprechung des Raumsinnes der Netzhaut muß hier unterbleiben, da uns dies zu weit führen würde.

»Ortssinnes« auszumachen, so wie dieser Begriff von Aubert, Kammler und ihren Anhängern gefaßt wird. Haben dann diese Forscher recht, wenn sie auch die Weberschen Lokalisationsversuche hier unterbringen wollen? Oder war vielmehr Weber selbst berechtigt, diese Versuche als bloß nochmalige weniger reine Prüfungen des Raumsinnes zu betrachten? Auf subjektive Wahrnehmung allein gestützt, ist man sehr geneigt, sich für Weber zu entscheiden; aber die objektive Untersuchung, besonders diejenige pathologischer Fälle, zeigt unwiderleglich, daß die für bloße Ungenauigkeiten der Versuche gehaltenen Momente tatsächlich den Vorgang ganz beherrschen und ihn dem Ortssinne sehr nahe rücken; es hat sich nämlich gezeigt, daß der Raumsinn eines Patienten durch anstrengende Bewegungen allemal so gut wie aufgehoben wurde, während dabei doch die Webersche Lokalisationsfähigkeit immer intakt blieb[1]). Und auch die subjektive Beobachtung führt, wie ich finde, schließlich zum selben Resultat; denn in der Tat werden die zwei Empfindungen der reizenden Spitze bzw. des suchenden Stiftes nicht unmittelbar (wie man leicht erwarten könnte), sondern erst durch Vermittlung einer assimilativ reproduzierten Vorstellung des betreffenden Hautgebietes miteinander verglichen. Der Vorgang ist etwa folgender: Die von der Reizspitze ausgelöste Empfindung klingt mehr oder weniger ab, ohne selbst eine Vorstellung des umgebenden Hautgebietes erzeugen zu müssen; wohl aber entspringt eine solche Vorstellung aus den von dem suchenden Stift erzeugten Empfindungen, und diese Vorstellung entwickelt sich nun gegen die Stelle der Spitzeempfindung hin, ruft letztere wieder wach und absorbiert sie.

Außerdem ist das Webersche und selbst das Volkmannsche Verfahren weiter dadurch verunreinigt, daß in beiden auch die dritte Orientierungsklasse, die reine Lagenwahrnehmung, eine Rolle spielt[2]), denn nur diese, nicht der Raumsinn oder die Hautvorstellung, kann

[1]) Siehe Anhang I.

[2]) Dieser Einwand gegen das Webersche Lokalisationsverfahren, daß darin grundverschiedene Prozesse zusammengeworfen seien, hat natürlich gar nichts gemeinsam mit dem Einwand von Czermak; letzterer erklärt das Verfahren für »an und für sich gänzlich unbrauchbar«, weil es nur den Größt-, nicht auch den Kleinstwert der Unterscheidungsschwelle zu bestimmen vermag; in diesem letzteren Einwand liegt ein merkwürdiges Verkennen der Brauchbarkeit der Methode des mittleren Fehlers überhaupt. (Ber. d. K. Akad. d. Wiss. zu Wien, 1855, Bd. 15, S. 475.)

die suchende Hand des Beobachters bis zum ersten Kontakt mit der gereizten Haut führen; und doch wirkt die Stelle des ersten Kontaktes auch auf die endgültige Lokalisation[1]). Leider ist die überwiegende Mehrzahl der bisherigen Experimente und der pathologischen Prüfungen bei diesen zwei ursprünglichen und höchst unreinen Verfahren stehen geblieben[2]).

Daß die zweite Orientierungsklasse, kurz als »Ortswahrnehmung« bezeichnet, eine spätere Entwicklungsstufe darbietet, erhellt schon aus ihrer komplexen reproduktiven Beschaffenheit. Ihre nahe Abkunft aus der »Raumwahrnehmung« tritt noch darin zutage, daß unter normalen Bedingungen alle beide durchgängig fast dieselben Schwellenwerte aufweisen (wenn richtig verglichen). Das Wesen des Entwicklungsprozesses zeigt sich in der obenerwähnten pathologischen Beobachtung, daß trotz einer großen die Raumwahrnehmung ganz aufhebenden Abstumpfung der Empfindungsqualitäten die Ortswahrnehmung noch intakt fortbestehen kann; denn diese Tatsache beweist, daß die Reproduktion des betreffenden Hautgebietes nicht mehr mittels der bewußten Empfindungsqualität ausgelöst zu werden braucht, sondern durch die mechanisierende, jedes unnötige Mittelglied verdrängende Übung jetzt zu einer unmittelbaren »spezifischen« Funktion des betreffenden Tastnerven überhaupt geworden ist.

Die dritte Klasse, die reine Lagenwahrnehmung, wird den Gegenstand unser eigenen Versuche ausmachen. Psychologisch unterscheidet sie sich von der zweiten Klasse dadurch, daß es hier nicht mehr darauf ankommt, zwei Empfindungen in der Vorstellung des betreffenden Hautgebietes, sondern in der des ganzen umgebenden Raumes zur Deckung zu bringen. Diese Klasse tritt am reinsten in den Versuchen von Henri und Parrish hervor, wo der Beobachter die vermeintliche Stelle nicht berührt, sondern nur auf sie von oben her hindeutet; hierher gehören auch die Versuche von Aubert und

[1]) Diesen Zusammenhang zwischen der ersten Kontaktstelle und der endgültigen Lokalisation habe ich experimentell feststellen können.

[2]) Dem obenerwähnten Mitwirken der Lagewahrnehmung ist es wahrscheinlich zuzuschreiben, wenn in pathologischen Fällen die Lokalisation (besonders an den Fingern und Zehen) oft eine Abhängigkeit von den Bewegungsempfindungen vorspiegelt: denn letztere sind in enger Beziehung nicht mit der Orts-, sondern mit der Lagenwahrnehmung, d. h. nicht mit der zweiten, sondern mit der dritten Orientierungsklasse.

Kammler, Lewy und Pearce, wo man die Webersche Methode beibehält, aber bloß die Stelle der ersten Berührung mit der Haut in Betracht zieht; ferner gehören hierher die Versuche von Bloch und die von Kramer und Moskiewicz, wo eine Hand ihre frühere, oder die von der andern verlassene Stelle wieder einnehmen soll; im Prinzip gehören hierher auch die Henrischen Versuche, wo die Lokalisation durch die Blicklinien ermittelt wird; denn da sind offenbar die Bewegungen, und ebenso die schließliche Lage der suchenden Hand nur durch diejenigen der Augen ersetzt.

Ein anderes, tiefer einschneidendes Kennzeichen ist, daß jetzt der Orientierungsprozeß sich nicht mehr auf das gereizte Hautgebiet beschränkt, sondern sich vielmehr über eine fortlaufende Kette von Teilbestimmungen erstreckt[1]). Obgleich die Lagenvorstellung eines mittelstark gereizten Punktes, für sich betrachtet, einer der einfachsten Bestandteile des Bewußtseins ist, so ist sie doch immer erst das Produkt von allen diesen Teilbestimmungen, welche ihre komplizierte Summation fast ebenso mechanisch wie die Hebel einer Rechenmaschine bewirken, und in der Vorstellung erst das Gesamtresultat angeben. Wenn nur eine einzige dieser Teilbestimmungen fehlt, so ist die ganze Orientierungsfähigkeit aufgehoben[2]).

Diese Teilbestimmungen sind nun von zweierlei Art: Diejenigen der ersten Art beruhen auf den Winkelstellungen aller bei der Orientierung beteiligten Gelenke und lassen sich deshalb als »**artikular**« bezeichnen. Die Teilbestimmungen der zweiten Art beziehen sich auf den Raum innerhalb jedes beteiligten Gliedabschnittes; sie können daher »**segmental**«[3]) genannt werden[4]).

[1]) Werden zwei Lagenwahrnehmungen miteinander verglichen, wie es bei allen Lokalisationsversuchen geschehen muß, so erstreckt sich die Kette von Teilbestimmungen jeweils von der gereizten bis zur suchenden Hautstelle (Finger oder Netzhaut).

[2]) Dabei aber zeigen die erhaltenen Reflexe geköpfter Frösche, daß die allgemeine Beziehung zum dominierenden Kopf nicht unentbehrlich ist; und auch bei vollem menschlichen Bewußtsein kann unter Umständen die Domination des Kopfes der des Rumpfes weichen. Vgl. Aubert (Delage), Studien über die Orientierung, 1888.

[3]) Die Ausdrücke »artikular« und »segmental« befriedigen mich noch nicht vollkommen, aber trotz aller Mühe und freundlicher Unterstützung ist es mir nicht gelungen, bessere zu finden; es ist aber eine für jede fruchtbare Besprechung der Lagewahrnehmungen unentbehrliche Voraussetzung, die damit gemeinten und oben definierten Begriffe kurz und eindeutig ausdrücken zu können.

[4]) Offenbar geben diese Bestimmungen den Winkel bzw. Strahl eines Polarkoordinatensystems ab.

Diese Unterscheidung ist von fundamentaler Wichtigkeit für das Verständnis der Erscheinungen der Lagewahrnehmung.

Physiologisch sind die Unterschiede handgreiflich. Die »artikularen« Erregungen liegen tief und nahe am Gelenke (vermutlich in den Pacinischen Körperchen); die entsprechenden Leitungsbahnen kreuzen sich erst im verlängerten Mark; durchweg behalten sie für jedes Gelenk eine merkwürdige kompakte Gruppierung und einheitliche Funktion bei, was sich darin kundgibt, daß beschränkte Affektionen im Rückenmark oder Gehirn scharf abgegrenzte, sehr intensive Erscheinungen in der Peripherie erzeugen[1]). Die »segmentalen« Erregungen dagegen scheinen nur in bezug auf den gereizten und den suchenden Gliedabschnitt periphere Vorgänge zu enthalten; letztere finden hauptsächlich in den Tastorganen der Haut statt; ihre Leitungsbahnen kreuzen sich bald nach Eintritt in das Rückenmark; die Nervenäste anastomosieren vielfach untereinander, wodurch die beschränktesten inneren Störungen diffuse Erscheinungen in der Peripherie hervorbringen. Für alle intermediären (d. h. zwischen den reizenden und suchenden gelegenen) Gliedabschnitte sind die segmentalen Bestimmungen offenbar konstant, und deshalb können sie in vollkommen genügender Weise schon durch zentrale Miterregungen oder »Assoziationen« geliefert werden (s. S. 94). Diese physiologischen Unterschiede genügen, um die beiden aufgestellten Gruppen scharf voneinander abzugrenzen, und liefern also eine feste objektive Basis, worauf die subjektive Unterscheidung weiterbauen kann[2]).

Psychologisch ist der Unterschied weniger qualitativ, als vielmehr funktionell ausgeprägt, was natürlich seine Wichtigkeit nicht vermindert. In der Ruhe nämlich lösen die artikularen Erregungen keine merklichen Empfindungen aus, aber nichtsdestoweniger bestimmen sie mit erstaunlicher Genauigkeit die Lagevorstellungen aller distalwärts entstehenden Empfindungen; nur in der Bewegung erzeugen sie merkliche Empfindungen, die sich dann aber als viel zu wenig differenziert zeigen, um zur aktuellen Orientierung genügen zu können[3]). Die segmentalen

[1]) Siehe Anhang I.

[2]) Die psychologische Fruchtbarkeit einer solchen objektiven Basis hat sich schon in der Geschichte der Erforschung der Farbenempfindungen deutlich manifestiert.

[3]) Siehe Anhang I.

Erregungen dagegen setzen merkliche Empfindungen sowohl an der gereizten als an der suchenden Hautstelle notwendig voraus, da ja diese Empfindungen als Träger der schließlich zustande kommenden Lagevorstellungen dienen; aber in bezug auf alle intermediären Gliedabschnitte erfordern die segmentalen Bestimmungen weder Empfindungen noch selbst physiologische (periphere) Erregungen.

Die spätere Entwicklung dieser dritten Orientierungsklasse erhellt nicht nur aus der noch größeren Kompliziertheit des ganzen Vorganges, sondern namentlich aus der vollkommeneren Differenzierung und Selbständigkeit der vorgestellten Räumlichkeit; denn jetzt findet die Orientierung nicht mehr bloß in einem ausgedehnten Empfindungskomplex, sondern in der reinen, abstrakt vorgestellten Ausdehnung, im Raume selbst, statt. Außerdem ist die schon auf der zweiten Stufe beobachtete Mechanisierung hier noch weiter fortgeschritten; denn es ist nicht nur die Reproduktion der Lagevorstellung zu einer unmittelbaren Funktion der physiologischen Gelenkerregung geworden, sondern es können auch die einst vermittelnden Empfindungen in den Gelenken — ursprünglich vermutlich höchst fein differenziert! — jetzt nur noch als verkümmerte Überbleibsel ihr Dasein fristen. Offenbar ist diese intakte Lokalisationsfähigkeit der Gelenkerregungen bei degenerierten Empfindungen nur ein jetzt normal gewordener Zustand, den wir als pathologisch auch schon weiter oben (S. 14) bei den Hauterregungen beobachtet haben[1]).

In bezug auf die bisherigen Ansichten über diese drei Klassen, Raum-, Orts- und Lagewahrnehmung, findet man, daß gerade diejenigen Forscher, welche gestrebt haben, die zweite von der ersten abzutrennen, sie um so mehr mit der dritten vermengt haben. Die einzige ausdrückliche Klassifikation ist die von Henri gewesen[2]).

[1]) Es könnte jetzt die alte Frage auftauchen, welche von den drei Fähigkeitsklassen angeboren und welche erworben sind. Aber diese Fragestellung scheint mir den modernen genetischen Anschauungen nicht mehr angepaßt zu sein. Der Mensch, in diesem Fall eine Ausnahme von den Tieren bildend, kann unmittelbar nach der Geburt keine physische Funktion vollkommen ausüben; aber eine mehr oder weniger ausgebildete Anlage hat er zu jeder allgemeinen Tätigkeit. Deshalb sollte man nicht fragen, ob, sondern inwieweit eine Fähigkeit erst erworben werden muß. Im gegenwärtigen Fall nun erreicht nach meinen Beobachtungen selbst die dritte Stufe schon in den ersten Lebenswochen eine überraschend fortgeschrittene Entwicklung, obwohl sie sich erst viel später vervollkommnet.

[2]) »Die Raumwahrnehmungen des Tastsinnes«, S. IX u. X.

Danach macht zwar der »Raumsinn«, ebenso wie nach unserer Auseinandersetzung, eine Klasse für sich aus. Aber alles andere wird als »Lokalisation« zusammengestellt und folgendermaßen weiter eingeteilt: »Lokalisation mit Berührung und Bewegung«, »visuelle Lokalisation« und »Lokalisation mit Beschreibung«. Offenbar hat diese Einteilung einen sehr äußerlichen Charakter; in der ersten Gruppe werden so grundverschiedene Vorgänge zusammengeworfen, wie das Herumtasten nach der Reizstelle und das bloße Hinzeigen darauf, während die dritte Abteilung »mit Beschreibung« nichts Wesentliches darbietet, was nicht schon in der »visuellen Lokalisation« vorhanden war; denn ob ich sage, daß ich in der Mitte der zweiten Phalanx des Ringfingers berührt worden bin, oder ob ich auf die entsprechende Stelle der Photographie hindeute, ist ziemlich dasselbe.

Was folgt aus der vorstehenden Analyse der Lagewahrnehmung für die Deutung der Beobachtung? Da die Lagewahrnehmung auf einer fortlaufenden Kette von Teilbestimmungen von der gereizten bis zur suchenden Hautstelle beruht, so ist irgendeine von diesen Teilbestimmungen imstande, die Lokalisation irrezuführen. Nicht nur am bewegten Arm der Versuchsperson kann die Fehlerquelle liegen, wie alle Forscher vorausgesetzt haben, sondern ebensogut am andern in Ruhe bleibenden Arm. Ferner, statt eines solchen artikularen kann der Fehler ebensogut einen segmentalen Charakter haben: statt die Flexionsstellung eines Gelenkes kann man die Länge irgendeines Gliedabschnittes falsch beurteilt haben. In diesem Aufsatze also werde ich versuchen, spekulative Vorurteile fernzuhalten und alle die erwähnten Fehlerquellen unbefangen zu berücksichtigen; dann wird es sich bald von selbst ergeben, inwieweit die Bewegung für die Lagenwahrnehmung maßgebend ist.

4. Kritik der bisherigen Methodik.

a) In bezug auf die Lokalisationsfeinheit.

Nicht nur die Deutung, sondern auch die Methodik der bisherigen Lokalisationsversuche läßt sich kaum allen kritischen Einwänden entziehen. Auf alle Mängel, die bei individuellen Forschungen zutage getreten sein mögen, brauchen wir hier nicht einzugehen, wohl aber auf solche, von denen man zu glauben berechtigt ist, daß sie die gesamten bisherigen Forschungen schädlich beeinflußt haben.

Das Hauptziel aller bisherigen Untersuchungen ist natürlich die Messung der Lokalisationsfeinheit an verschiedenen Hautstellen und unter verschiedenen Bedingungen gewesen; und dazu hat man immer die zunächst liegende Methode des »mittleren Fehlers« angewandt. Nun ist aber die auffällige Tatsache hervorzuheben, daß bisher — trotz aller Hinweise Fechners — kein einziges Mal das variable Element des beobachteten Fehlers vom konstanten Element getrennt worden ist. Und gerade in der Lokalisation ist das bloße rohe Gesamtergebnis der zwei Elemente besonders bedeutungslos, da letztere von grundverschiedenen Momenten abhängen. Ohne diese Trennung vorgenommen zu haben, wissen wir nur, daß der variable Fehler jedenfalls kleiner als das angegebene rohe Ergebnis sein muß.

Nehmen wir konkrete Beispiele: Von den vielen Versuchen, die Lokalisationsfeinheit mit dem Raumsinn zu vergleichen, ist der weitaus sorgfältigste und wertvollste der von Kottenkamp und Ullrich gewesen. An gewissen Hautstellen fanden sie eine Übereinstimmung mit dem Raumsinn und an andern eine Diskrepanz. Aber wie soll man wissen, ob nicht an einigen Hautstellen sich konstante Tendenzen oder »Täuschungen« festgesetzt haben, welche mit der Lokalisationsfeinheit nichts zu tun haben? Eine sehr geringe Täuschungstendenz würde schon genügen, alle Vergleiche mit dem Raumsinn umzustürzen. Ganz Analoges läßt sich zu dem vermeintlichen Einfluß der Reizstärke, des Gesichtsbildes, des Gedächtnisses, der Ablenkung der Aufmerksamkeit usw. sagen. Und in der Tat sind, wie wir bald sehen werden, alle die erwähnten Momente imstande, auf die konstanten Tendenzen eine starke Wirkung auszuüben.

Allerdings ist die mathematische Reinigung des rohen Ergebnisses vom konstanten Element so lange unmöglich, als man bloß die Größe und die allgemeine Richtung der Fehler zu registrieren vermag. Um die verlangte Ausscheidung bewerkstelligen zu können, muß erst das ganze Verfahren entsprechend weiter ausgebildet werden.

So gefährlich und versteckt habe ich die Beeinflussung des variabeln durch den konstanten Fehler gefunden, daß ich es vorgezogen habe, die eingehende Untersuchung des ersteren zu unterlassen, bis ich erst

den letzteren gründlich untersucht hatte[1]). Daher wird im folgenden Aufsatze die beobachtete Lokalisationsfeinheit (i. a. W. der variable Fehler) mit möglichst wenig Diskussion konstatiert werden; unsere Aufmerksamkeit wird sich auf das andere Hauptziel, die konstanten Fehler oder »Täuschungen« konzentrieren.

b) Kritik in bezug auf die Täuschungen.

Die bisherigen Angaben hierüber sind keineswegs so unbedingt zu verwerfen wie diejenigen über die Lokalisationsfeinheit; denn der mittlere konstante Fehler läßt sich ganz wohl ermitteln ohne vorausgehende Ausscheidung der variabeln Fehler (während das Umgekehrte nicht der Fall ist).

Aber eine mathematische Behandlung ist immer noch unentbehrlich, sobald man wissen will, ob irgendein Ergebnis nicht dem bloßen Zufalle zuzuschreiben ist; denn hierzu muß man die »wahrscheinliche Abweichung« heranziehen[2]). Davon hat man jedoch niemals die geringste Erwähnung getan, und (mit einer untenstehenden Ausnahme) hat man nicht einmal die notwendigen Daten angegeben, mit deren Hilfe wir die wahrscheinliche Abweichung selbst ausrechnen könnten. Man wird wohl gemeint haben, ein genügendes Kriterium in seinem eigenen unmittelbaren Urteile oder »Sicherheitsgefühle« zu besitzen; aber diese subjektiven Kriterien haben sich in langer, sorgfältiger von mir angestellter Prüfung als überraschend trügerisch

---

[1]) Ich kann hier schon sagen, daß ich Versuche angestellt habe, um die variabeln Fehler für alle Körperteile zu ermitteln, und ferner, um sie in die aller Teilbestimmungen quantitativ aufzulösen. Bis jetzt scheint es, daß die Präzision jeder segmentalen Teilbestimmung annähernd gleich dem Raumsinn an derselben Hautstelle ist; jede artikulare Teilbestimmung dagegen zeigt sich allemal beinahe proportional der von Goldscheider gefundenen Bewegungsempfindungsschwelle im betreffenden Gelenke. Auf diese Weise scheint es möglich, zu den Elementen vorzudringen, wovon die drei Fähigkeiten, Raum-, Lage- und Bewegungswahrnehmungen, in letzter Instanz abhängen; sind dann in einem gegebenen Falle die Schwellen für zwei dieser Fähigkeiten empirisch bestimmt worden, so läßt sich die dritte deduzieren; die Wahrheit der Deduktion, und damit die Gültigkeit des ganzen Räsonnements ist sofort empirisch kontrollierbar.

[2]) Auf den viel gebräuchlicheren synonymen Ausdruck »wahrscheinlicher Fehler« mußte hier verzichtet werden, da diese mathematische Bedeutung des Wortes Fehler, zusammen mit dem ganz verschiedenen Begriff des Fehlers der Lokalisation, sehr verwirrend wirkt.

herausgestellt, während die Vermittelung durch die objektive wahrscheinliche Abweichung, richtig und innerhalb der erlaubten Grenzen gebraucht, eine ebenso überraschende Zuverlässigkeit an den Tag gelegt hat. Durch Ignorieren der wahrscheinlichen Abweichung kommt man nicht nur zu falschen Schätzungen der Beweiskraft seiner Ergebnisse, sondern man hat auch keine Norm — außer dem jeweiligen Belieben —, wie zahlreich die Versuche anzustellen sind.

Hier muß ich indessen konstatieren, daß in einer der gediegensten Arbeiten, der von Lewy, ein prinzipieller Einwand gegen die Anwendung der Mathematik erhoben worden ist. Weit davon, wie alle andern Forscher, die Rechnungen einfach zu unterlassen, hat er die mittlere Abweichung der einzelnen Fehler nach dem genauesten und mühevollsten Verfahren berechnet; statt aber den kleinen noch erforderlichen Schritt zu machen, und die wahrscheinliche Abweichung der allein in Betracht kommenden Mittelwerte zu deduzieren, wendet er sich vielmehr vom ganzen Thema mißtrauisch ab mit der Bemerkung, daß von »diesen aus der physikalischen Betrachtung herübergenommenen Fehlerberechnungen« nicht viel für die Psychologie zu gewinnen sei. Hiernach allerdings wäre die Abneigung aller Forscher gegen die rechnerische Bearbeitung ihres Versuchsmaterials einigermaßen gerechtfertigt, und für die gegenwärtige Arbeit hätte man sich viel Mühe ersparen können. Aber glücklicherweise gibt uns Lewy den Grund seines Mißtrauens an; es hatte sich nämlich bei seinen Ergebnissen herausgestellt, daß unter variierten Versuchsbedingungen das Verhältnis des mittleren Lokalisationsfehlers zur mittleren Abweichung von demselben nicht konstant blieb, was doch nach den Wahrscheinlichkeitsgesetzen zu erwarten wäre. Aber nun bezieht sich natürlich diese zu erwartende Konstanz nur auf den reinen variabeln Fehler; auch die Physiker dürften sie kaum erhoffen, wenn sie, wie Lewy, noch rohe, mit überwiegenden konstanten Komponenten behaftete Fehler vor sich hätten.

Die nächste Rüge muß sich gegen die unvollkommene Registrierung der Lokalisationen richten; gewöhnlich werden, außer der Entfernung, nur gewisse Hauptrichtungen (distal, proximal, ulnar und radial) notiert. Eine Ausnahme findet in dem sehr kleinen Teile der Henrischen Versuche statt, wo die Lokalisationen auf Photographien der Hand und des Gelenkes aufgezeichnet werden;

aber auch in diesen Versuchen — es wird über die Stellung des Armes nichts mitgeteilt[1]) — erfahren wir bloß die Richtung der Fehler in bezug auf die Hand selbst und gar nicht in bezug auf die andern Körperteile, was doch ebenso wichtig ist.

Dann ist, soviel man aus den nicht sehr klaren Versuchsbeschreibungen entnehmen kann, keine gebührende Rücksicht auf die reine Unwissentlichkeit des Verfahrens genommen worden; wenn ein Beobachter Gelegenheit bekommt, seine Fehler zu bemerken, so treten allerlei unwillkürliche und nicht ohne weiteres berechenbare Verbesserungstendenzen ein. Dieser Einwand betrifft am entschiedensten alle Versuche, die zu unserer dritten Klasse gehören; sonst müßte man sicherlich längst zu einigen der auffallenden Erscheinungen gekommen sein, die sich in den folgenden Versuchen manifestiert haben.

Endlich muß ich auf eine nicht geradezu als Fehlerhaftigkeit zu bezeichnende, aber immerhin bedenkliche Unterlassung hinweisen. Es sind nämlich die Stellungen der gereizten Glieder nie systematisch und vergleichsweise variiert worden; ja, wie wir soeben sahen, ist die Stellung meistens nicht einmal eindeutig notiert worden. Aber doch hätten die erstaunlichen Angaben von Bloch schon im Jahre 1884 auf diesen Punkt aufmerksam machen sollen.

Infolge solcher methodologischer Unvollkommenheiten stehen die bisher gewonnenen Ergebnisse, selbst über Täuschungen, in keinem Verhältnis zu dem dafür aufgewendeten Fleiße und Scharfsinn. Die Zahl der Ergebnisse überhaupt ist sehr karg, und die der leidlich begründeten ist noch kleiner. Einige Forscher haben stark betont, daß die Lokalisationen eine distale Tendenz haben; aber andere, wie wir gesehen haben, finden im Gegenteil, daß die Tendenz proximal ist; und schon der allererste, Volkmann, bemerkte, daß trotz gleicher Versuchsbedingungen die verschiedenen Personen verschiedene Tendenzen hätten. Sodann ist von einem Forscher (Henri) behauptet worden, daß die Lokalisationen sich den »Grenzlinien« annähern; aber diese von vornherein schwach unterstützte Angabe wird sofort nachher negiert (Washburn, Pillsbury).

Die glaubwürdigeren Entdeckungen scheinen also auf folgende vier Punkte zusammenzuschrumpfen: die von Henri beobachtete Tendenz,

[1]) Henri sagt nur: »Die Versuchsperson hält ihren Vorderarm und ihre Hand auf einen Tisch« (Die Raumwahrnehmung des Tastsinnes, S. 118).

die Lage des gereizten Arms zu tief vorzustellen; die ebenfalls von ihm beobachtete Tendenz, bei der Blicklokalisation die Richtung nach dem Körper zu zu bevorzugen; die Angabe von Kramer und Moskiewicz, daß der eine Arm, wenn er zum andern symmetrisch gestellt werden soll, zu einer bequemeren Stellung neigt; und die Beobachtung von Pearce, daß die Lokalisation eines Reizes nach einem simultanen Nebenreize zu abgelenkt wird.

5. Die gegenwärtigen Versuche und der Gebrauch der »wahrscheinlichen Abweichung«.

Der weitaus überwiegende Teil der folgenden Versuche ist in den Jahren 1903—1905 im psychologischen Institut zu Leipzig ausgeführt worden, dessen Direktor, Herr Geheimrat Prof. Wundt, mir fortwährend die freundlichste Unterstützung jeder Art gewährt hat, wofür ich ihm meinen herzlichsten Dank ausspreche. Als Beobachter haben gedient außer mir selbst: die Herren Heyde, Bode, Wabeke, Keller, Grünbaum, Kafka, Ziembinski, Wollert, Woellert, die Fräulein Baldauf, Kaminke, Seiler, die Herren Drs. Moore, Lipsius, Fischer, Fröles, Knopf, Herr Dr. Graf Salvadori, Herr Professor de Ugarte und die Herren Assistenten Drs. Krueger und Wirth; davon haben sich einige Herren (besonders Herr Heyde) die ganze Zeit hindurch beteiligt und die langwierigen und zuweilen schmerzhaften Versuche mit unerschrockenerem Eifer ausgehalten. Herrn Dr. Krueger, der die Freundlichkeit hatte, das Manuskript durchzulesen, verdanke ich manche wertvolle Verbesserungen. Die Figuren sind durch die gütige Unterstützung von Frau Dr. Gräfin Salvadori zustande gekommen. Wenn im folgenden etwas für die Wissenschaft gewonnen wird, so haben alle diese liebenswürdigen Mitarbeiter sehr großen Anteil daran.

Die Zahl der einzelnen Lokalisationen hat sich auf ungefähr 6000 gehäuft; sie war keineswegs willkürlich, sondern durch zwei Momente bestimmt. Das erste Moment bezog sich auf die Zahl der Versuchsanordnungen, und mußte sich nach der Komplexität der Aufgabe und der erstrebten Vollständigkeit der Lösung richten. Das zweite Moment dagegen bezog sich auf die Zahl der einzelnen Versuche innerhalb jeder Versuchsanordnung, und diese Zahl ist nur durch die Wahrscheinlichkeitsgesetze bestimmt worden; die Versuche

wurden allemal so lange fortgesetzt, bis die wahrscheinlichen Abweichungen auf genügend kleine Bruchteile der hauptsächlich in Betracht kommenden Erscheinungen herabgesetzt waren. Die wahrscheinliche Abweichung des variabeln Fehlers habe ich nach bekannter Formel gleich $\frac{v}{\sqrt{2n}}$ angenommen, wo v dem mittleren variabeln Fehler und n der Zahl der in v berechneten Fälle gleich ist. In ähnlicher Weise ist die wahrscheinliche Abweichung des konstanten Fehlers gleich $\frac{v}{\sqrt{n}}$ gesetzt, wo v und n dieselben Bedeutungen haben. Wenn zwei Beobachtungsserien unter gleichen Bedingungen vorgenommen worden sind, dann ist der »wahrscheinliche Unterschied« zwischen den beiden Mittelwerten gleich $\sqrt{p_1^2 + p_2^2}$ gesetzt worden, wo p_1 und p_2 die wahrscheinlichen Abweichungen der betreffenden Serien sind.

Natürlich gelten diese Formeln genau nur für Fehler, die sich in die normale Wahrscheinlichkeitskurve einordnen, was strenggenommen nicht oft zutreffen dürfte. Aber annähernd wenigstens scheint diese Kurve eine sehr allgemeine Gültigkeit zu besitzen; und mehr wie annähernde Gültigkeit ist bei vernünftigem Gebrauche der wahrscheinlichen Abweichung durchaus nicht erforderlich. Nach meinen Erfahrungen über Lokalisationsfehler würden obige Formeln etwas zu große Werte liefern; eine kleine Diskrepanz in dieser Richtung kann aber nicht schaden[1]).

Im praktischen Gebrauch der Formeln sind folgende vier Regeln am wichtigsten. Die erste ruft in Erinnerung, daß die empirisch bestimmte wahrscheinliche Abweichung nur einen Annäherungswert für die wahre wahrscheinliche Abweichung (d. h. die Abweichung, welche wirklich die gleiche Wahrscheinlichkeit hat, übertroffen wie nicht erreicht zu werden) darstellt; daher, wenn n kleiner ist, so wird die empirisch bestimmte wahrscheinliche Abweichung nicht nur größer, sondern auch an sich weniger zuverlässig; doch bleibt sie, wie ich

[1]) Theoretisch dürfte diese Diskrepanz darauf hindeuten, daß die Verteilungskurve der Fehler nach oben sich etwas verflacht, was eigentlich bei allen sensorischen Unterscheidungen geschehen müßte, wenn dem Begriffe der »Schwelle« irgendeine objektive Bedeutung zukommen sollte; denn sonst würde die Unterscheidungsfähigkeit nicht in einem speziellen Gebiet, sondern nur ganz allmählich verschwinden.

meine, selbst bei fünf oder sechs Fällen lehrreich genug, und deshalb gebe ich sie jedesmal an.

Die zweite Regel besagt, daß eine Abweichung vom Mittelwert erst dann eine besondere Berücksichtigung verdient, wenn sie mindestens dreimal größer als die wahrscheinliche Abweichung ist; ganz ebenso muß der Unterschied zwischen zwei Mittelwerten mindestens dreimal größer als ihr wahrscheinlicher Unterschied ausfallen, bevor er einer Erklärung bedürftig wird; um Zufall ganz auszuschließen, muß der beobachtete Wert den wahrscheinlichen um das Fünffache übertreffen, und dabei muß auch n groß sein[1]).

Die dritte Regel beruht darauf, daß der Begriff des »zufälligen Fehlers« einen elastischen Umfang hat, welcher niemals in der Folgerung größer sein darf als in der Begründung. Nehmen wir den Fall an, daß dieselbe Hautstelle bei derselben Gliederstellung mehrmals hintereinander geprüft wird. Trotz der Gleichheit der Bedingungen wird jede Lokalisation etwas verschieden von der andern ausfallen; und aus dieser Verschiedenheit berechnet man einen variabeln Fehler und eine wahrscheinliche Abweichung, welche beide als »erster Ordnung« bezeichnet werden können, und welche für viele Zwecke vollkommen genügen; z. B. wenn man die Diskrepanz der Ergebnisse zweier alternierender Versuchsbedingungen überlegen will. Aber zuweilen, besonders in neuen Versuchsstunden, bemerkt man eine Verschiebung der Gesamttendenz der Lokalisationen; um auch über solche Schwankungen zweiter und seltenerer Ordnung Rechen-

[1]) Es scheint mir also die Größe der wahrscheinlichen Abweichung von nur geringer Wichtigkeit zu sein, wenn man nicht ihr Verhältnis zur wahrscheinlichen Häufigkeit der Abweichungen anderer Größen im Auge behält. Folgende Tafel (Auszug aus meinem Aufsatz im American Journal of Psychology, 1904, S. 76) stellt dieses Verhältnis für die normale Wahrscheinlichkeitsstreuung dar. Theoretisch sind zwar etwas verschiedene Wertsysteme noch möglich, die auch als »wahrscheinlich« zu bezeichnen sind; ein solches haben wir z. B., wenn zwei normale Wahrscheinlichkeitsstreuungen aufeinander superponiert sind, von denen die eine sehr steil und die andere sehr flach verläuft (schon bei vier bis fünf Komponenten wird der Gesamtverlauf wieder annähernd normal); aber solche Fragen haben hier wenig praktisches Interesse, weil es uns, wie schon gesagt, nur auf rohe Annäherungswerte ankommt.

Wenn die beobachtete dividiert durch die wahrscheinliche Abweichung	=	1	2	3	4	5	6,
dann ist ihre wahrscheinliche Häufigkeit ungefähr	=	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{23}$	$\frac{1}{143}$	$\frac{1}{1250}$	$\frac{1}{19000}$

schaft zu geben, muß man die Versuche der Zahl nach sehr weit ausdehnen, und *n* nicht aus Einzelfällen, sondern aus angemessenen Gruppen hernehmen; demgemäß werden sowohl der mittlere variable Fehler, als auch die wahrscheinliche Abweichung größer sein; diese Schwankungen seltenerer Ordnung werde ich zukünftig als »systematisch variable« Fehler bezeichnen. Noch umfangreicher wird der Begriff der zufälligen Abweichung, wenn man auch noch die individuellen Verschiedenheiten darunter bringen will; diese dritte Ordnung ist ebenso leicht berechenbar, und lieferte zuweilen den zweckmäßigsten Wert. Also, die wahrscheinliche Abweichung ist nicht in starrer, mechanischer Weise, sondern mit eingehender Berücksichtigung aller Verhältnisse des je vorliegenden Falles anzuwenden; kurz, die Zahlen sind als eine Waffe der Vernunft, mitnichten als eine Dispensation davon zu gebrauchen.

Die vierte Regel erinnert daran, daß es weitere und noch schlimmere Gefahren gibt, diejenigen, welche von der Individualität des Forschers, von den herkömmlichen wissenschaftlichen Vorurteilen, von der notwendigen Beschränktheit und Unnatürlichkeit des Experiments überhaupt herrühren; alle solche Störungen lassen sich nicht variieren und dadurch eliminieren. Deshalb darf die Wahrscheinlichkeitsrechnung — obwohl ein logisches Glied in der Verwertung psychomathematischer Werte, dessen Vernachlässigung überall irreführende Ergebnisse großzieht — sich doch nie anmaßen, die ganze logische Kette zu sein.

II. Teil. Die segmentale Täuschung.

1. Halbwissentliches Verfahren.

a) Versuchsbedingungen.

In einer Hinsicht konnte ohne Bedenken der Weg aller früheren Forscher gegangen werden, indem nämlich besondere Aufmerksamkeit der Lokalisation auf der Hand und dem Arme gewidmet wurde; denn hier bietet die Haut offenbar die größte Bequemlichkeit der Beobachtung und den weitesten Umfang der Sensibilität. Und meinen neuen Zwecken kam auch die Bewegungsfreiheit dieses Gliedes sehr gelegen.

Aber in bezug auf mechanische Hilfsmittel für die experimentelle Untersuchung konnte die Einfachheit meiner Vorgänger nicht mehr beibehalten werden. Denn es wurde jetzt verlangt, erstens, irgendeinen beliebigen aus einer großen Anzahl vorher gewählter Hautpunkte sofort reizen zu können; zweitens, dieselbe Reizung bei jeder späteren Gelegenheit und in jeder der vorher gewählten Gliedstellungen wiederholen zu können; drittens, die suchende Hand in möglichste Nähe der gereizten Hautstelle, jedoch ohne Berührung, herankommen zu lassen; und viertens, jede Lokalisation vollständig zu registrieren.

Zu diesen Zwecken wurde die Volarfläche des Unterarms des Beobachters von einer dazu modellierten und gut gefütterten Gipsform aufgenommen. Aus der Unterlage der Form stiegen vier vertikale Stäbchen empor, welche unmittelbar über der oberen Armfläche ein feines horizontales Drahtnetz[1]) trugen. Die ganze kastenartige Einrichtung lag verschiebbar auf einem Tisch und wurde nach einer von mehreren darauf markierten Stellungen jedesmal genau justiert.

Der Beobachter saß an einem bestimmten Ort vor dem Tische, die Augen wurden geschlossen, der Arm in den Kasten gelegt, und letzterer, nach einigen vorbereitenden unregelmäßigen Bewegungen, in eine der markierten Stellungen gebracht. Der Reiz erfolgte mit einem dünnen Drahte, der leicht durch die Maschen ging; die Intensität des Reizes war die, welche der Beobachter für die günstigste hielt. Während der Reizung mußte der Beobachter auf die vermeintliche Stelle mit einem Stifte, der gerade so dick war, um nicht durch die Maschen zu dringen, von obenher hinzeigen. Der begangene Fehler wurde dann durch die auf den Maschen angebrachten Koordinaten registriert; wenn der Beobachter z. B. die Lokalisation auf einen Punkt: zwei Maschenreihen unterhalb und drei rechts von der Reizstelle verlegte, so schrieb man ins Protokoll $y = -2$, $x = +3$; durch diese Zahlen konnte man nun sowohl die Fehler sich wieder genau vor Augen führen, als auch allerlei Berechnungen vornehmen.

In dieser Weise wurde jeder von sechs Beobachtern an 30 Punkten auf der Dorsalfläche des linken Vorderarms, je in vier Stellungen, gereizt. Die Punkte, sowie auch die Stellungen, welche während

[1]) Sieben Maschen pro Zentimeter.

jeder Versuchsreihe unregelmäßig variiert wurden, sind in Fig. 1 gezeigt. Die ganze Serie von 120 Lokalisationen konnte in drei Sitzungen, jede von einer Stunde Dauer, leicht gewonnen werden.

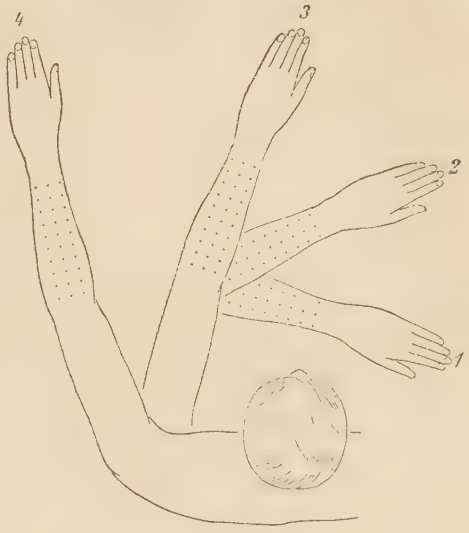

Fig. 1.

b) Objektive Ergebnisse.

Da diese erste Versuchsgruppe einen mehr rokognoszierenden Charakter haben sollte, so hatte sie eine möglichst große Variation der Bedingungen erstrebt; die Ergebnisse konnten dann nach den verschiedensten Merkmalen — Längsverteilung, Querverteilung, Entfernung vom Gelenke, Flexion des Ellbogens, Flexion des Schultergelenkes, individuellen Variationen usw. — vergleichsweise gruppiert werden. So war man imstande, dieselben Daten wiederholt zu benutzen, und den weitesten Überblick in der kürzesten Zeit zu gewinnen. Dafür aber mußte jede Gruppe, um eine genügende Anzahl von Fällen darzubieten, eine mehr oder weniger gemischte Natur bekommen, wodurch feinere Züge vielleicht verschleiert und entgegengesetzte Wirkungen teilweise neutralisiert worden sind.

Der mittlere variable Fehler stellte sich in einer Größe von annähernd 16,7 mm[1]) heraus; davon war die Komponente in der Längsrichtung des Armes 13 mm[2]), und die in der Querrichtung 10 mm[3]). Wenn man dieses Gesamtergebnis in kleinere Gruppen zerlegt, so glaubt man auf den ersten Eindruck hin beträchtliche

[1]) ± 0,4 mm ($v = 16{,}7$; $n = 720$). Für diesen Wert sind die Ergebnisse aller drei Sitzungen desselben Beobachters zusammengestellt worden, wodurch der variable Fehler (dank dem »systematisch variabeln« Fehler) etwas größer ausfällt, als wenn jede Sitzung allein für sich genommen wäre; vgl. S. 26.

[2]) ± 0,3 mm ($v = 13$; $n = 720$).

[3]) ± 0,3 mm ($v = 10$; $n = 720$).

Unterschiede in den Fehlergrößen, je nach dem Reizort, der Armstellung und der Individualität, zu erblicken; aber nach Berechnung der wahrscheinlichen Abweichung zeigt sich allemal die Beweiskraft doch nicht hinreichend, um gegen eine bloße Zufallsvorspiegelung zu schützen; und wenn man durch Ausdehnung der Gruppen die wahrscheinliche Abweichung herabsetzt, vermindern sich im selben Maße auch die Unterschiede. Vermutlich sind irgendwelche derartige Unterschiede sehr klein, und jedenfalls erfordert ihre Entdeckung eine viel ausführlichere Versuchsserie als diese.

In bezug auf den konstanten Fehler ist der Schein noch täuschender; sehr verschiedene Arten der Gruppierung und der Betrachtung der Verhältnisse der Glieder untereinander erwecken den Eindruck einer starken Differenzierung der Fehlerrichtung. Aber auch hier wieder halten die Erscheinungen einer strengeren Prüfung fast niemals stand; eine Ausnahme jedoch, vorerst noch wenig sichtbar, trat gerade bei solcher genaueren Prüfung klar zutage, indem sie dadurch von den überdeckenden, auffallenderen Zufälligkeiten befreit wurde. Sie besteht in einem konstanten Fehler im Sinne der Längsachse des Armes, welcher in der Nähe des Ellbogens eine distale Richtung hat, aber, mit Entfernung vom Ellbogen allmählich kleiner werdend und durch den Wert Null hindurchgehend, in eine proximale Richtung umschlägt. Die Größen und die Wendung ersieht man aus Tabelle I.

Tabelle I.

Entfernung vom Ellbogen (mm)	25	50	75	100	125	150	175	200	225	250
Mittlerer konstanter Fehler in der Längsachse des Armes (mm)[1]	6,1	2,4	1,9	0,1	0,7	12,1	10,0	13,2	10,9	13,5
Richtung des Fehlers { + bezeichnet distal, — » proximal	+	+	+	+	+	—	—	—	—	—

Dieses Ergebnis läßt sich auch anschaulich machen durch die in Fig. 2 gegebene graphische Darstellung, wo die Abzissen die Entfernungen vom Ellbogen, die Ordinaten die Fehler darstellen.

Noch viel ergiebiger kann dasselbe Ergebnis in der numerischen Korrelation zwischen dem Fehler und der Entfernung vom Ellbogen verwertet werden; da findet man nach der bekannten Bravaisschen

[1] ± 1,5 mm ($v = 13$; $n = 72$).

Formel, daß der Korrelationskoeffizient sich auf 0,89 (± 0,04) beläuft[1]). Aber jede scheinbare Korrelation wird durch die »Beobachtungsfehler« (hier die variabeln Lokalisationsfehler und auch, in minimalem Grade, die örtlichen Fehler beim Ansetzen der Reizspitze) unrechtmäßig vermindert[2]). Da solche Einflüsse nichts mit dem konstanten Fehler an sich zu tun haben, so sollten sie möglichst eliminiert werden, wodurch die Korrelation auf 0,94 steigt[3]).

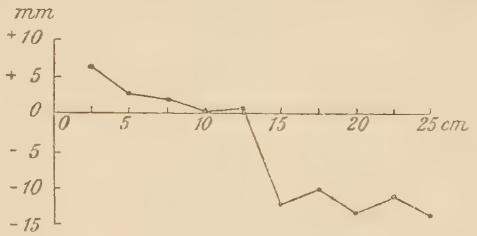

Fig. 2.

Die numerische Korrelation hat den Vorteil vor der graphischen Darstellung, daß sie mit andern ähnlichen Erscheinungen vergleichbar ist (wovon wir auf S. 40 Nutzen ziehen werden). Auch ist nur die numerische Korrelation außer Gefahr, bloß durch Zufall vorgespiegelt zu sein, indem man sofort sehen kann, daß ihr (unkorrigierter) Betrag 20mal so groß wie ihre wahrscheinliche Abweichung ist, und also nicht einmal in Milliarden Fällen durch bloßen Zufall zu erwarten wäre. Eine graphische Darstellung dagegen vermag zwar sehr leicht ein Sicherheitsgefühl zu erzeugen, schwerlich aber, es zuverlässig zu begründen.

Aber dem Zufall ist in der Tat, wie erst die numerische Behandlung lehrt, die scheinbare Unvollständigkeit der Korrelation (in der graphischen Darstellung kommt sie durch die Unregelmäßigkeiten der Kurve zum Ausdruck), hauptsächlich wenigstens, zuzuschreiben; denn nach Elimination der unrechtmäßigen Einflüsse wird diese Unvollständigkeit beinahe so klein wie die wahrscheinliche Abweichung; daraus ist zu schließen, daß möglicherweise bei Häufung der Versuche

---

[1]) Wo bekanntlich die vollständige Korrelation durch 1,0 dargestellt wird. Bei solchen spärlichen Daten ist natürlich an mehrere Koeffizienten zur schärferen Bestimmung der Korrelation nicht zu denken.

[2]) Diese Verminderung ist leicht aus dem Grenzfall zu ersehen, wo die Beobachtungsfehler so groß sind, daß die erlangten Werte so gut wie zufällig sind. In solchen Werten kann offenbar auch von der größten tatsächlichen Korrelation kaum noch eine Spur sich kundgeben.

[3]) Siehe Anhang II.

die Kurve schließlich zu einer geraden Linie werden würde, obwohl eine ganz geringe Krümmung etwas wahrscheinlicher ist[1]).

Wenden wir uns jetzt zur Deutung dieses konstanten Fehlers in der Richtung der Längsachse des gereizten Armes. Suchen wir zu bestimmen, welches Glied oder Gelenk dafür verantwortlich ist.

Es könnte zwar von vornherein gegen alle derartigen Bestimmungen überhaupt der Einwand gemacht werden, daß eine Lokalisation immer nur relativ sein kann, während die Bestimmung der Herkunft des Fehlers eine Kenntnis des absoluten Raumes in Anspruch nehmen würde; aber eine solche unvermittelte Hineinziehung der Relativitätstheorie wäre verfrüht und nur irreführend; überall müssen wir uns zunächst so ausdrücken, als ob wir Kenntnis von einem absoluten Raum besäßen. Wenn z. B. der Schütze die Scheibe verfehlt, so behauptet niemand, daß sich die Scheibe verschoben, sondern eben, daß er fehlgeschossen hat.

Die Fehlerquelle kann nun vierfacher Art sein (s. S. 19): entweder liegt sie am rechten oder am linken Arm, und in beiden Fällen kann sie entweder artikular oder segmental sein. Von diesen vier Möglichkeiten lassen sich zwei ohne weiteres ausscheiden. Eine artikulare Täuschung am linken Arm[2]) ist schon deshalb nicht anzunehmen, weil dann der Fehler für jede Stellung in nur einer Richtung gelegen hätte, während er doch, wie gesagt, in der Hälfte der Fälle seine Richtung geradezu umkehrt; außerdem müßte dann der Fehler bei gestrecktem Arm (wie in Stellung 1 und 2, Fig. 1) in der Querstatt in der Längsrichtung liegen. Und ebensowenig ist eine segmentale Täuschung am rechten Arm glaubhaft, da man darunter hauptsächlich eine Über- oder Unterschätzung der Armlänge verstehen müßte, was gar nicht mit der Fehlerrichtung übereinstimmt;

[1]) Es kommt zwar manchmal vor, daß Forscher ausführliche Schlüsse schon unmittelbar aus ihrer graphischen Darstellungsweise zu ziehen wagen; aber es fragt sich noch, wie oft solche Schlüsse einen dauerhaften wissenschaftlichen Fortschritt darstellen! Ein Beispiel dieses mehr intuitiven Forschungsverfahrens liefern einige von Pearce angegebene Kurven, welche der unsrigen sowohl äußerlich wie innerlich sehr nahe stehen (Archiv f. d. ges. Psychologie, I, S. 47). Aber Pearce (dessen sonstige Ergebnisse ich übrigens sehr schätze) will, statt die »Zick-Zack-Eigenschaft« seiner Kurven mathematisch auf Zufall zurückzuführen, ihr eine wichtige — vorläufig allerdings geheime — Bedeutung zuschreiben.

[2]) Das heißt, eine falsche Schätzung des Gelenkwinkels an der Schulter oder auch am Ellbogen.

und wenn man auch auf der Möglichkeit einer seitlichen Täuschung bestehen wollte (wie sie einer Krümmung des Gliedes entsprechen würde), so müßten wiederum alle Fehler nur nach einer Seite zu liegen.

Weniger zu verwerfen ist die artikulare Täuschung des rechten Arms; denn in der Stellung 2, in welcher der linke Vorderarm annähernd eine Tangente zu der Flexionsbewegung des rechten Arms bildet, könnte der beobachtete Fehler ganz wohl daher rühren, daß alle seitlichen Abweichungen des rechten Armes von einer gewissen Mittellage überschätzt würden; aber in den andern Stellungen, 1, 3 und 4, ist diese Auffassung nicht mehr haltbar, da in diesen Fällen die Richtung des Fehlers merklich von der Längsrichtung des linken Vorderarms abweichen müßte, was doch nicht der Fall ist. So bleibt nur die vierte Möglichkeit übrig, eine segmentale Täuschung am linken Arm anzunehmen. Auf diese haben wir übrigens schon hingewiesen, indem wir vorgreifend den Fehler als in der Längsachse des gereizten Gliedes gelegen bezeichnet haben; hiernach ließe sich der Verlauf der Fehler am einfachsten und treffendsten so zusammenfassen, daß eine allgemeine Tendenz stattfand, nach der Mitte des gereizten Unterarms hin zu lokalisieren.

Auch in der Querachse ist eine analoge zentripetale Tendenz merkbar; denn die ulnare Reihe von Reizstellen lag 40 mm von der radialen Reihe abseits, während die mittlere kreuzweise Entfernung der entsprechenden Lokalisationen nur 38 mm betrug; da aber schon die wahrscheinliche Diskrepanz $\pm$ 0,9 mm[1]), also beinahe die Hälfte der beobachteten Diskrepanz ist, so dürfte auf letztere nicht zu viel Gewicht zu legen sein.

Unter allen andern scheinbaren Lokalisationstendenzen bietet nur noch eine die erforderliche Beweiskraft; sie besteht in einer allgemeinen Neigung, die Lokalisation um eine Strecke im Betrag von 4 mm[2]) nach dem radialen Rande des gereizten Vorderarmes zu zu verschieben. An sich ist die Richtung kaum scharf genug bestimmbar, um zu entscheiden, ob wir hier wieder dieselbe Art Täuschung wie vorher haben, oder ob nicht vielmehr die Schuld am rechten suchenden Arm liegt; in der Tat wird die nächste Versuchsgruppe zeigen, daß diesmal die letztere Alternative viel wahrscheinlicher ist, und daß

[1]) $r = 10$ mm; $n = 240$.

[2]) $\pm$ 0,5 ($r = 10$, $n = 720$).

die betreffende Tendenz von einem Mangel in der Methode herrührt, indem die suchende Hand immer von dieser radialen (natürlichen) Richtung herankam (s. S. 43—44).

Die individuellen Variationen der konstanten Fehler zeigten sich zwar größer als die des variabeln, aber immerhin als nicht groß genug, um für erwiesen gelten zu dürfen. Als umfassendstes Beispiel hierfür berechnen wir die mittleren konstanten Fehler der gesamten Lokalisation je einer Person; diese bieten dann untereinander eine mittlere Entfernung von ungefähr 5 mm, welches nur doppelt so viel ist wie die durch Zufall wahrscheinliche Entfernung. Auffallender als die eigentlichen Individualitäten sind hier (und auch in allen andern Versuchen) die auf S. 26—27 beschriebenen »systematisch variabeln« Fehler; aber ich wüßte nichts Bestimmtes von ihnen auszusagen, außer daß sie bei gestörter Stimmung der Beobachter stärker hervorzutreten pflegen.

c. Subjektive Ergebnisse.

Da die subjektiven Wahrnehmungen sowohl bei den verschiedenen Beobachtern, als auch in den verschiedenen Versuchsserien überraschend kleine Abweichungen zeigen, so können sie gleich jetzt ausführlich beschrieben und bei Schilderung der später folgenden Versuche unnötige Wiederholungen unterlassen werden; nur Ausnahmen oder Änderungen sollen dort erwähnt werden. Wenn es irgend anging, wurden alle solche Wahrnehmungen in der Form freier Erzählung aufgenommen; und wenn gelegentlich direkte Fragen sich unbedingt notwendig machten, so waren diese wenigstens von solcher Form, daß eine Suggestion möglichst vermieden wurde; vor allem wurde angestrebt, die unmittelbaren inneren Beobachtungen möglichst ohne reflexionsmäßige Umgestaltung zu Protokoll zu bringen.

Der allgemeine Gang der Lokalisation wird von H. folgendermaßen geschildert: »Im ersten Moment der Berührung habe ich eine Vorstellung des Ortes der berührten Hautstelle und des suchenden Stiftes. Ich gehe mit dem Stift in die Nähe der Hautstelle; dann suche ich, indem ich mit dem Stift hin und her fahre, die Stelle, die der Berührung am nächsten zu sein scheint; oder in einer ausgezeichneten Region suche ich etwa die Mitte.«

Diese Vorstellungen der berührten und suchenden Stellen wurden als unmittelbare Erlebnisse beschrieben; keineswegs entsprangen sie

aus Lagenvorstellungen der mehr zentralwärts liegenden Körperteile, da letztere oft ganz konfus, schwankend, oder gar nicht vorgestellt wurden. Eine Beeinflussung der Lokalisation durch »Bewegungsimpulse« konnte nicht beobachtet werden. Der einzige scheinbar einflußreiche Nebenumstand bestand darin, daß mit Annäherung des suchenden Stiftes der Reiz selbst stärker zu werden schien, und diese Verstärkung dann oft als Wegweiser gebraucht wurde.

Der spezifisch sensorische Charakter der Lagevorstellungen konnte selten als wirklich visuell bezeichnet werden; B., M., F. und S. vermeinten überhaupt, daß sie visuelle Komponenten im normalen Verlauf dieser Lagevorstellungen entdecken könnten; für H. waren sie zwar zeitweise wahrnehmbar, aber auch dann erschienen sie als bloß begleitende und unwesentliche Umstände; meine eigene Erfahrung stimmte mit der von H. überein. Aber dieser Mangel an visuellen Komponenten erzeugte kein entsprechendes Vorherrschen der Tastkomponenten; für die unmittelbare innere Beobachtung waren die Vorstellungen der Glieder großenteils, wie man es ausdrückte, »abstrakt«; fast eher aus logischer Bedrängnis schien es zu geschehen, wenn die meisten Beobachter schließlich zugaben, daß alles doch wirklich entweder visuell oder taktil sein müßte.

Einstimmig waren die Beobachter darin, daß die Lokalisationsschärfe außerordentlich schwankte, und daß sie durch Änderungen in der Reizintensität gesteigert wurde; während der Berührung wurde die Lokalisation allmählich unklarer, aber im Moment des Aufhörens wurde die Klarheit plötzlich viel größer als selbst am Anfang. Zuweilen hatte die Lagenvorstellung eine überraschende Bestimmtheit, und dann vollzog man die Lokalisation mit entsprechendem Sicherheitsgefühl; dabei aber konnte ganz wohl der aktuelle Fehler sogar abnorm groß ausfallen. Einige Personen glaubten die Richtung vom Kopfe aus besser als die Entfernung schätzen zu können; mit andern Personen war dieses umgekehrt; alle fanden Versuche in Stellungen 3 und besonders 4 schwieriger als in 1 und 2; aber in keinem von diesen Fällen zeigte der aktuelle Fehler eine entsprechende Zu- oder Abnahme[1]). Auch haben mit wachsender Gewöhnung an die

[1]) Für die Stellungen 1, 2, 3 bzw. 4 waren die mittleren Fehler 16,2, 17,2, 15,7, bzw. 16,8 mm. ($\pm$ 0,88, da $n = 120$ und $v = 17{,}6$ im Durchschnitt; man sieht, daß, wie gewöhnlich, die durch Berechnung zu erwartenden Schwankungen ein wenig größer als die tatsächlich beobachteten ausfallen; s. S. 25).

Versuche alle Personen ihre Lokalisationen entsprechend zu verbessern gemeint; dies aber traf objektiv nicht immer zu. Immer jedoch, wenn die Versuchsbedingungen wirklich konstant blieben, und trotzdem die Beobachter im allgemeinen besser oder schlechter zu lokalisieren glaubten, dann entsprachen dieser subjektiven Meinung auch regelmäßig die objektiven Messungen.

In diesen Versuchen traten außer dem konstanten Fehler auch einige Täuschungen, und zwar mehr qualitativer Art zutage. Die frappanteste war die schon erwähnte scheinbare Verstärkung des Reizes bei Annäherung des suchenden Stiftes; zuerst glaubte ich, daß der Druck des Stiftes auf dem Drahtnetz der reizenden Spitze wirklich mechanisch mitgeteilt würde; dagegen aber fand ich, daß die scheinbare Verstärkung ebenso auffallend blieb, wenn man den Stift möglichst leise ansetzte, und auch dann, wenn die Lokalisation ganz falsch war; in späteren Versuchen (besonders den »aktiv-aktiven« und den schmerzhaften, S. 57 und 81) wurde jeder Zweifel aufgehoben; denn die Täuschung wiederholte sich noch stärker, unter Bedingungen, wo mechanische Übertragung absolut unmöglich war. In dieser Erscheinung läßt sich der Unterschied zwischen assoziativer und logischer Täuschung besonders deutlich und lehrreich beobachten; denn eine Täuschung der ersten Art wirkt als Ursache, eine logische Täuschung dagegen ist die Folge des scheinbaren Druckzuwachses; der Zuwachs nämlich scheint dem Beobachter eine unmittelbare Bewußtseinstatsache zu sein (erst nachträglich suchen wir diese Tatsache durch Assoziation mit der Annäherungsvorstellung zu erklären); aber sobald er den Zuwachs empfindet, so schließt er rückwirkungsweise — blitzschnell, jedoch bewußt —, daß die Annäherung wirklich geschieht.

Eine andere interessante Täuschung war folgende: Gewöhnlich erzeugten die sukzessiven Reize Tast-, Kälte- und Schmerzempfindungen in bunter Abwechslung; zuweilen aber erzeugte ein einziger Reiz sowohl Kälte, als auch Schmerzempfindung, und zwar an verschiedenen Orten; bei einer solchen Gelegenheit konnte ich konstatieren, daß die Lokalisation des Schmerzes gut mit dem Reize übereinstimmte, während die der Kälte ungefähr 3 cm entfernt war.

Eine weitere beobachtete Täuschung bestätigte eine Mitteilung von Henri, indem der Beobachter H. erklärte, er hätte die Tendenz, den gereizten Arm viel zu niedrig liegend vorzustellen.

Zum Schluß muß ich auf einen Umstand aufmerksam machen, welcher den Versuchspersonen die Möglichkeit gab, ihre Fehler teilweise kennen zu lernen, und weshalb die ganze Versuchsserie als »halbwissentlich« bezeichnet werden mußte. Nach jeder Lokalisation nämlich durfte der Beobachter die Augen öffnen; dabei bekam er zwar keineswegs eine Kenntnis der wirklich gereizten Hautstelle, da das feine Drahtnetz alle Spuren des Reizes auf der Hand völlig verdeckte; wohl aber konnte er bemerken, welche Stellung der ganze Arm erhalten hatte, und dadurch die Lagenvorstellung davon zugunsten des nächsten Versuches korrigieren; und das Eintreten solcher Korrektion ist meines Dafürhaltens noch lange nicht dadurch widerlegt, daß keine Person sie beabsichtigte oder bemerkte. Da eine solche Korrektion nicht die Hautstelle, sondern nur die Gliedstellung traf, so war sie geeignet, wohl die obige segmentale Täuschung hervortreten zu lassen, aber dabei die etwa vorhandene Tendenz zu einer artikularen Täuschung einstweilen unwirksam zu machen. Infolge solcher Erwägungen änderte ich nunmehr die Versuchsbedingungen dahin um, daß die Beobachter die Augen die ganze Zeit geschlossen hielten; und dabei trat in der Tat eine artikulare Täuschung von solcher Größe hervor, daß die segmentale jetzt davon völlig überdeckt wurde; nur in zwei weiteren Versuchsgruppen wurde die erstere Täuschung wieder beseitigt, so daß die segmentale nochmals rein zutage trat. Diese zwei Versuchsgruppen wollen wir von der chronologischen Reihe abtrennen und gleich jetzt näher untersuchen.

2. Die Täuschung nach Übung.

Die jetzt zu besprechende Versuchsgruppe lag in Wirklicheit nach der zehnten (s. S. 60); denn erst dann hatte ich wieder Gelegenheit, unter Ausschluß des artikularen Fehlers zu experimentieren; ich erlangte dessen Unterdrückung durch die mittels Blicklokalisation gewonnene Übung. Die Versuchseinrichtung ist auf S. 50—51 beschrieben; sie unterschied sich von den vorigen Versuchsanordnungen im wesentlichen dadurch, daß die Augen der Beobachter die ganze Zeit verbunden waren; auch wurde der auf S. 33 gerügte Mangel beseitigt, indem jetzt die suchende Hand sich der gereizten Hautstelle von jeder der vier Hauptrichtungen gleich oft näherte.

Der erste Beobachter, S., wurde 16mal an jeder von fünf Stellen

der dorsalen Fläche des linken Vorderarms und der Hand in unregelmäßiger Reihenfolge gereizt. Die mittleren Lokalisationen für jede Stelle sind in Fig. 3 (*a*) dargestellt; die wahrscheinliche Abweichung beträgt 5 mm[1]), also nur ungefähr ein Fünftel der jetzt wieder auftretenden zentripetalen Tendenz an beiden Enden des Unterarmes (Hand mit eingeschlossen).

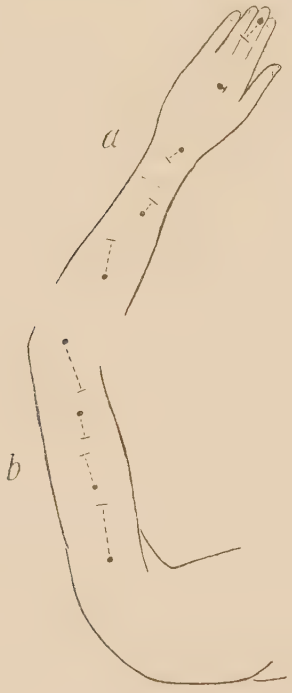

Fig. 3.

Fig. 4.

Dieselbe Person wurde nach einer längeren Pause an vier Stellen des Oberarms gereizt. Fig. 3 (*b*) stellt die mittleren Lokalisationen dar[2]); offenbar ist die zentripetale Tendenz noch stärker als vorhin.

Es blieb noch übrig, festzustellen, ob diese Tendenz sich nur auf das Zentrum des Gliedabschnittes als solchen bezog, oder ob sie sich auf das Zentrum irgendeines beliebigen gereizten Hautgebietes erstreckte; zu diesem Zwecke wurde nun ein anderer Beobachter H.

[1]) $v = 21$ mm; $n = 16$.

[2]) Mit einer wahrsch. Abw. von 4 mm ($v = 18$; $n = 19$).

den ganzen Arm entlang, wieder in unregelmäßiger Reihenfolge, gereizt. Die mittleren Lokalisationen sind in Fig. 4 dargestellt[1]; deutlich genug hat das Experiment gezeigt, daß das Anziehungszentrum nicht an anatomische Verhältnisse gebunden ist, sondern sich nach dem jeweilig gereizten Gebiet richtet.

Interessant ist, zu beobachten, daß trotz der langen vorangegangenen Übung die variabeln Fehler sogar etwas größer als die derselben Personen in der ersten »halbwissentlichen« Versuchsgruppe sind[2]: die Bedingungen sind zwar etwas, aber doch nicht viel günstiger.

In dieser Versuchsgruppe hatte H. eine Doppelempfindung von merkwürdig regelmäßigem Verlauf; er erklärte nämlich, daß er bei jeder Reizung des Oberarms zwei deutlich voneinander verschiedene Empfindungen habe, eine stärkere, ihm nähere (diese wurde lokalisiert, und entsprach vermutlich dem wirklichen Reiz), und eine schwächere entferntere; die letztere habe einen seltsam einheitlichen Charakter. Den weiteren Verlauf der Erscheinung beschrieb er folgendermaßen: »Die beiden Empfindungen scheinen am Schultergelenk viel weiter voneinander entfernt zu sein, als am Ellenbogen, die subjektive Schätzung der Entfernung bewegt sich zwischen 8 und 2 cm. Die Entfernung der beiden Empfindungen nimmt von der Schulter nach dem Ellenbogen zu ab, und zwar in regelmäßiger Weise, bis beide am Ellenbogen in eine Empfindung verschmelzen.«

3. Wissentliches Verfahren.

Nur noch in einer der von mir durchgeführten Versuchsgruppen geschahen die Lokalisationen an verschiedenen benachbarten Hautstellen und unter Beseitigung der sonst alles überdeckenden artikularen Täuschung, und zwar im Verlaufe der auf S. 60 beschriebenen Versuche. Hier wurde nicht in unregelmäßiger Reihenfolge gereizt, sondern zuerst wurde der Finger abgefertigt, dann der Handrücken, und so ging es weiter bis zur Schulter. Die nachträgliche Kenntnis des vom Beobachter begangenen Fehlers wurde ihm diesmal in möglichst genauer Weise vermittelt; als Vorübung machte der Beobachter H. sechs sukzessive Lokalisationen des Reizes am Finger, und jedesmal wurde ihm der begangene Fehler sofort

[1]) Mit einer wahrsch. Abw. von 6 mm ($v = 19$; $n = 9$).

[2]) Hier sind sie 21, 18 und 19 mm; dort waren sie 18 und 17.

gezeigt; dabei verschwand ganz allmählich ein anfangs 90 mm großer konstanter Fehler, ohne daß der Beobachter ihn zu korrigieren beabsichtigte; die räumliche Änderung fand in dem unmittelbaren Empfindungserlebnis statt. Nachher kamen die gültigen Versuche, wo an jedem Ort erst viermal mit nachträglicher Mitteilung des Fehlers und dann viermal ohne diese lokalisiert wurde.

Die mittleren Lokalisationen sind in Fig. 5 dargestellt[1]); bei den Versuchen, wo der Beobachter von dem (unmittelbar) vorhergehenden Fehler Kenntnis genommen hatte, besaß der konstante Fehler (im Durchschnitt für den ganzen Arm) eine Größe von 21 mm[2]); ohne diese betrug er 29 mm[3]); in beiden Fällen war die Richtung des Fehlers dieselbe.

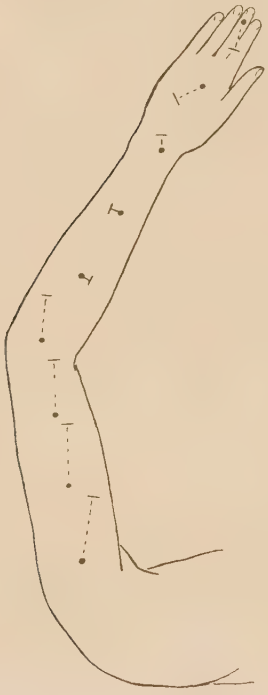

Fig. 5.

Am Finger ist der konstante Fehler vieldeutig; er könnte wieder derselben Natur wie in den Fig. 3 und 4 sein, nur von Lokalisationen an früheren Tagen beeinflußt, oder er könnte ein Rest der artikularen Täuschung sein; er könnte endlich auch bloß ein »systematisch variabler« Fehler, oder selbst reines Zufallsergebnis sein[4]). Aber wenn wir nur den fortschreitenden Gang des Fehlers ins Auge fassen, so leuchtet ein, daß, je weiter die Versuche gegen die Schulter hinauf steigen, der Fehler desto entschiedener von einer proximalen in eine distale Richtung übergeht; wir haben also ganz dasselbe Phänomen wie in den obigen Versuchsgruppen; auch die numerische (unkorrigierte) Korrelation beträgt hier 0,88[5]), also fast genau dasselbe, wie die früher berechnete (S. 31). Besonders lehrreich ist diese Versuchsgruppe in bezug

[1]) Mit einer wahrsch. Abw. von 6 mm ($v = 18{,}3$; $n = 8$).
[2]) Mit einer wahrsch. Abw. von 3 mm ($v = 18{,}3$; $n = 36$).
[3]) Mit einer wahrsch. Abw. von 3 mm ($v = 18{,}4$; $n = 36$).
[4]) Denn der Betrag ist nur dreimal so groß wie die wahrscheinliche Abweichung.
[5]) $\pm$ 0,04.

auf die Dauer der Beeinflussung durch vorhergehende Lokalisationen. Denn wenn diese Dauer ganz kurz wäre, so hätte die distale Tendenz schon beim ersten Wechsel der Reizstelle (also am Handgelenk) ihr Maximum erreichen müssen; aber man sieht im Gegenteil, daß, während die Versuche durch die ganze Sitzung gegen die Schulter fortschreiten, gleichzeitig auch die distale Tendenz in fortwährendem Wachstum begriffen ist. Alles deutet darauf hin, daß die täuschende Beeinflussung der vorhergehenden Lokalisationen wenigstens durch eine ganze Stunde hindurch nachwirkt.

Da nun eine ganz ähnliche zentripetale Tendenz[1]) auch an allen andern Körperteilen vorzuliegen scheint (vgl. z. B. S. 68), so möchte ich schließlich die Ergebnisse in bezug auf die segmentale Täuschung in möglichst hypothesenfreien Ausdrücken zusammenfassen und als vorläufiges empirisches Gesetz folgendes aufstellen:

Folgen an benachbarten Hautstellen mehrere Lokalisationsversuche aufeinander, so entwickelt sich allmählich eine starke, dauerhafte Verschiebung der Lokalisationstendenz nach dem Zentrum des gereizten Hautgebietes zu.

III. Teil. Die artikulare Täuschung.

1. Tastlokalisation am linken Arm.

a) Der Unterarm liegt parallel zur Querachse des Körpers.

Um alle Vorgänge und Erscheinungen, die bei der segmentalen Täuschung zu konstatieren waren, im Zusammenhang miteinander erledigen zu können, haben wir in vorgreifender Weise über weiter unten folgende Versuchsgruppen berichten müssen. Von nun an jedoch werden wir die ursprüngliche Reihenfolge beibehalten, wodurch der gelegentliche Einfluß der fortschreitenden Übung der Versuchspersonen leichtern zu überschauen sein wird.

Wir kommen jetzt zur vierten Versuchsgruppe, welche sich von der ersten auf S. 28 beschriebenen hauptsächlich darin unterscheidet, daß die Augen der Versuchspersonen während der Dauer der

[1]) Mit dieser zentripetalen Tendenz dürften wohl auch die merkwürdigen Doppelempfindungen von H. einen Zusammenhang haben.

Versuchsreihe geschlossen bleiben. Außerdem ist die Methode in folgender Weise verbessert worden: Die reizende Spitze wird nicht mehr einfach in der Hand des Experimentators gehalten, sondern an einer mechanischen Einrichtung befestigt; der Reiz kann an jeder beliebigen Hautstelle geschehen und später genau wiederholt werden; auch die Druckstärke ist gut kontrollierbar. Das früher benutzte Drahtnetz ist nun durch eine Blechscheibe ersetzt, worauf für jede Versuchsuntergruppe ein neues Stück weißes Papier festgeklemmt wird; auf diesem Papier werden alle Lokalisationen unmittelbar registriert, wodurch man sich die langwierige Ausrechnung der Koordinaten erspart. Der rechte suchende Arm des Beobachters liegt jetzt in einer Binde, welche von der 5—6 m hohen Decke des Zimmers herabhängt; in dieser Weise läßt sich der Arm mit möglichst wenig Anstrengung und unter Vermeidung von allerhand störenden Berührungen in beliebiger Richtung bewegen; durch eine kleine Flexion des Handgelenkes bringt der Beobachter seinen Stift zur Papierfläche hinab, und auf dieser zeigt er sodann die vermeintliche Stelle des gleichzeitigen Reizes; ich kann vorweg sagen, daß diese Binde sich vorzüglich bewährt hat; sie hat verschiedene störende Bedingungen fern gehalten, aber sonst weder den variabeln noch den konstanten Fehler im geringsten modifiziert.

Die Beobachter waren dieselben wie in der ersten Versuchsgruppe, mit der Ausnahme, daß ich selbst durch Wa. ersetzt wurde. Der gereizte Arm blieb während der Dauer einer Versuchsreihe ruhig liegen; der Oberarm lag senkrecht, der Unterarm parallel zur Querachse des Körpers. Zwei Hautstellen, 5 cm unterhalb des Ellbogens, bzw. 3 cm oberhalb des Handgelenks, wurden abwechselnd geprüft; jedesmal wurden 16 Einzelversuche gemacht und daraus Mittelwerte gewonnen; aus allen solchen Mittelwerten für dieselbe Hautstelle wurden schließlich die Gesamtmittelwerte berechnet. Durch die verbesserte Methode konnte man jetzt die Versuche doppelt so rasch wie in der ersten Versuchsgruppe ausführen, wodurch man eine größere Serie von unmittelbar vergleichbaren Werten bekam. Im ganzen wurden 656 Einzellokalisationen gewonnen.

In bezug auf die Richtung, in der die suchende Hand sich der gereizten Stelle näherte, durfte der Beobachter nicht mehr ausschließlich in der natürlichen Weise vorgehen; jetzt mußte er vielmehr von

rechts, links, vorn und hinten sukzessiv ausgehen, und insbesondere mußten die Untergruppen von je 16 Einzellokalisationen gleich oft mit jeder der vier Richtungen anfangen. Die erstrebten Vorteile bestanden darin, nicht nur den Einfluß der Richtung zu entdecken und zu eliminieren, sondern auch zu verhindern, daß sich die sukzessiven Lokalisationen in mechanische Wiederholungen abschwächten, statt jedesmal wirklich neue Wahrnehmungen zu sein. Auf dem Papier wurde jede Richtung durch ein besonderes Symbol gekennzeichnet.

Der konstante Fehler oder die »Täuschung« läßt sich offenbar durch die Linie von der Reizstelle zur Stelle der mittleren Lokalisation darstellen. Als mittlere Lokalisation war in der ersten Zeit einfach der Kreuzungspunkt der zwei geraden Linien angenommen worden, welche die Gruppe der Einzellokalisationen parallel, bzw. senkrecht zum Körper des Beobachters halbierten; später glaubte ich größere Genauigkeit dadurch zu erzielen, daß ich für die mittlere Lokalisation den Schwerpunkt aller Einzellokalisationen ausrechnete; bei größeren Versuchsreihen kamen diese zwei Punkte immer dicht nebeneinander zu liegen.

Der mittlere variable Fehler wurde zuerst einfach dem Radius eines Kreises gleich gesetzt, welcher die Stelle der mittleren Lokalisation zum Zentrum hatte und die Einzellokalisationen derart in zwei Hälften teilte, daß die eine Hälfte innerhalb, die andere außerhalb der Peripherie lag; auch in dieser Hinsicht habe ich später einen genaueren Wert gesucht, indem ich die durchschnittliche Entfernung der Einzellokalisationen von ihrem Schwerpunkte mit 0,84435 multiplizierte[1]); bei größeren Versuchsreihen stimmte auch dieser Wert sehr annähernd mit demjenigen überein, welchen die einfachere Methode ergab.

Wir wollen zunächst betrachten, wie die Ergebnisse durch die verschiedene Bewegungsrichtung beeinflußt wurden, in welcher der lokalisierende Arm herankam. Die Beobachter selbst wollten kaum an irgendeine Beeinflussung glauben, da sie, einmal an der scheinbaren Region der Reizung angelangt, zur näheren Ortsbestimmung derselben überall bequem herumtasten durften; sie sagten, wenn

[1]) Nach bekannter Wahrscheinlichkeitsformel ist die wahrscheinliche Abweichung = der durchschnittlichen Abweichung × 0,84435.

es störende Einflüsse gäbe, so könnten diese jedenfalls nicht in einer konstanten Tendenz, sondern nur in herabgesetzter Genauigkeit bestehen, da allerdings bei den weniger gebräuchlichen Richtungen das erste instinktmäßige Herankommen der Hand etwas an Sicherheit zu verlieren scheine. Objektiv nun war es gerade umgekehrt; die Ausgangsrichtung zeigte keinen Einfluß auf den variabeln, wohl aber auf den konstanten Fehler; denn bei jeder Person trat eine individuelle Neigung hervor, entweder durchweg nach dem Ausgangspunkte hin zurückzubleiben, oder aber durchweg zu weit vorzudringen; in beiden Fällen war die Größe der Diskrepanz in allen vier Richtungen für denselben Beobachter ganz gleich, aber sie war ungleich für verschiedene Versuchspersonen. Die erstere Tendenz des Zurückbleibens überwog; denn sie fand sich bei vier Personen und hatte einen durchschnittlichen Betrag von 10 mm, während das zu weite Vordringen nur bei zwei Personen geschah, und dann nur 6 mm betrug; im Durchschnitt also blieb eine kleine Tendenz nach dem Ausgangspunkt zu bestehen, welche mit der auf S. 33 beobachteten Tendenz gegen den Ulnarrand des Armes vollkommen übereinstimmt. Durch gleichmäßiges Ausgehen von allen vier Richtungen tritt nun zwar der konstante Lokalisationsfehler viel reiner hervor; dafür aber wird der variable Fehler unrechtmäßig vergrößert, es sei denn, daß man ihn für jede Richtung besonders berechnet. Wenn man nämlich alle Versuche zusammenstellt, ohne Rücksicht darauf, daß sie von verschiedenen Ausgangspunkten aus gewonnen worden sind, so hat der variable Fehler eine Größe von 18,1 mm[1]). Wenn man ihn dagegen für jede Richtung allein nimmt, so beträgt er 16,1 mm[2]). Er ist also kaum größer als in der ersten Versuchsgruppe, obwohl, wie wir bald sehen werden, der konstante Fehler enorm gewachsen ist. Beide Arten von Fehlern, der variable und der konstante, sind also nicht merklich voneinander abhängig.

Die konstanten Fehler sind in Fig. 6 angegeben[3]); sie belaufen sich auf nicht weniger als 64 bzw. 65 mm. Ihre Richtungen deuten

[1]) $\pm$ 0,5 mm ($v = 18{,}1$; $n = 656$).

[2]) $\pm$ 0,4 mm ($v = 16{,}1$; $n = 656$).

[3]) Mit wahrsch. Abw. von nur 0,9 mm ($v = 16{,}8$; $n = 328$). Selbst die wahrscheinliche Abweichung größter Ordnung, welche sich aus den individuellen Variationen ergibt (S. 27), ist nur 5 mm ($v = 13$; $n = 6$), und würde auf der Figur kaum bemerkt werden.

offenbar darauf hin, daß sie ganz verschieden sind von der Täuschung, die wir im vorigen Abschnitt behandelten; aber sie sind um so schwieriger zu enträtseln, als sie möglicherweise von irgendeiner der vier Fehlerquellen (S. 19) herrühren könnten; sie lassen sich als eine Unterschätzung der Länge des rechten Unterarms, oder aber als eine Rechtsdrehung um die rechte Schulter[1]), zur Not sogar als eine Unterschätzung der Entfernungen vom linken Ellbogen auffassen. Aber viel genauer paßt die vierte Deutungsmöglichkeit: durch eine scheinbare Linksdrehung um die linke Schulter. Denn wie die unterbrochenen Linien zeigen, liegen beide Lokalisationen auf Kreisen, welche durch die Reizstellen gehen und dieses Schultergelenk zum Zentrum haben; in beiden Fällen beträgt die Abweichung ungefähr 13,5° nach links. Schließlich können vielleicht mehrere dieser Fehlerquellen gleichzeitige sich summierende Wirkungen ausgeübt haben.

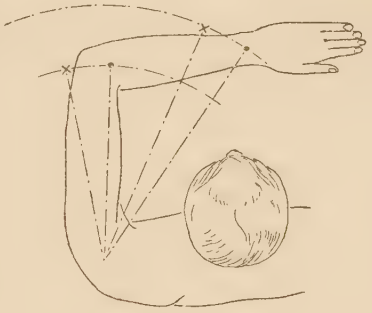

Fig. 6.

Diesmal traten auch die individuellen Variationen des konstanten (aber nicht des variabeln) Fehlers viel deutlicher zutage. Denn die mittlere Abweichung der mittleren Lokalisationen je einer Versuchsperson belief sich auf 13 mm, d. h. über siebenmal so viel wie die bloß wahrscheinliche zufällige Abweichung (erster Ordnung)[2]), aber immerhin ein kleiner Wert gegenüber dem konstanten Fehler selbst. Auch spielten die »systematisch variabeln« Fehler hier eine größere Rolle als vorher.

Auch durch subjektive Beobachtung konnte die Ursache der Täuschung nicht besser aufgeklärt werden. Alle Beobachter sagten, daß die Lokalisation ausschließlich durch die unmittelbaren räumlichen Eigenschaften der Empfindungen bewerkstelligt werde; wenn eine konstante Tendenz vorhanden wäre, so wollten sie sie vorzugsweise

[1]) Man muß sich immer vergegenwärtigen, daß eine z. B. nach links ausfallende Lokalisation zwar für den gereizten Arm eine Linkstäuschung, aber für den suchenden Arm eine Rechtstäuschung bedeutet.

[2]) 1.7 mm.

dem rechten Arm zuschreiben, da dessen Lage weniger deutlich vorgestellt wurde als die des Reizes; einmal jedoch machte H. die bedeutungsvolle Bemerkung, daß sein linker Arm allmählich nach links zu rücken scheine. Im übrigen stimmten die subjektiven Wahrnehmungen mit denen in der ersten Versuchsgruppe überein.

b. Der Unterarm liegt nach vorn ausgestreckt.

Durch diese veränderte Stellung des gereizten Armes, unter Beibehaltung aller andern Versuchsbedingungen, konnte man hoffen, der Täuschung näher auf den Grund zu kommen.

Die Ergebnisse in bezug auf den Einfluß des Ausgangspunktes, wie auch die Variationen zwischen den Individuen, entsprachen ganz denen der vorigen Versuche. Der mittlere variable Fehler wurde etwas größer; aus allen Lokalisationen derselben Person für dieselbe Hautstelle zusammen berechnet, betrug er 20,2 mm[1]); wenn man für jeden Ausgangspunkt eine besondere Rechnung ausstellt, so sinkt der Mittelwert auf 18,4 mm[2]) herab. Die mittleren konstanten Fehler sind in Fig. 7 dargestellt[3]); die schon vorhin sehr gezwungen erschienene Deutung, daß sie durch Unterschätzung der Entfernungen vom Ellbogen bewirkt würden, kann man jetzt definitiv verwerfen; aber die andern drei Deutungen sind alle noch denkbar, obwohl auch hier wieder eine scheinbare Linksdrehung um die linke Schulter viel genauer mit den Beobachtungen übereinstimmen würde; denn auch hier liegen beide Lokalisationen sehr annähernd auf den Kreisen durch die Reizstellen, und zwar gleichfalls mit einer Abweichung nach links von ungefähr 13,0°.

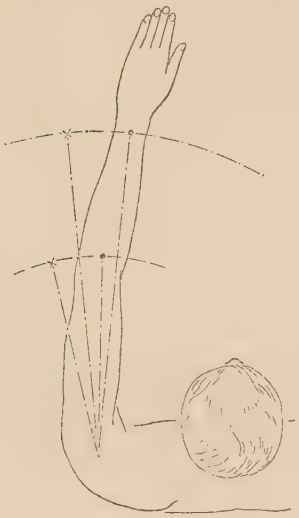

Fig. 7.

[1]) ± 0,6 mm ($v = 20{,}2$; $n = 634$).

[2]) ± 0,5 mm ($v = 18{,}4$; $n = 634$).

[3]) Mit einer wahrscheinlichen Abweichung von 1 mm; aus den individuellen Variationen gerechnet, steigt sie bis 5 mm wieder.

Nunmehr möchten wir einen Einwand entkräften, den uns der Leser wohl seit einiger Zeit gemacht haben wird: in dieser ganzen Klasse von Lokalisationsversuchen kommt nämlich der Stift des Beobachters überhaupt nicht bis zur gereizten Haut, sondern vermag auf die vermeintliche Stelle nur von oben her hinzuzeigen, so daß also vielleicht nicht die Tastempfindungen als solche, sondern der vertikale Zwischenraum zwischen dem Stift und der Haut die Schuld an der Täuschung tragen könnte. Nun sind aber die letzten zwei Versuchsgruppen derart eingerichtet worden, daß sie diesem Einwand möglichst vorbeugen sollten. Dabei ging ich von der Erwägung aus, daß, wenn der vertikale Zwischenraum einen beträchtlichen Einfluß wirklich ausübte, dieser Einfluß eine Abhängigkeit vom Betrage des Zwischenraums aufweisen müßte. In der einen Hälfte der Versuche mußte daher der Beobachter den Stift möglichst kurz fassen, so daß die Fingerspitzen nur ungefähr 2 cm über der gereizten Haut schwebten; in der andern Hälfte dagegen wurde der Stift möglichst lang gehalten, so daß sich die Fingerspitzen ungefähr 12 cm höher als die gereizte Haut befanden; die Stifthaltung wurde allemal von mir korrigiert, wenn der Beobachter den Stift merklich schief hielt. Es stellte sich nun heraus, daß selbst diese Versechsfachung des vertikalen Zwischenraums kaum einen merkbaren Unterschied in den Ergebnissen erzeugte: der variable Fehler betrug bei kurzer Fassung des Stiftes 19 mm[1]), bei langer 19,2 mm[2]), und die konstanten Fehler stimmten so genau miteinander überein, in bezug sowohl auf die Größe, als auf die Richtung, daß die Gesamtmitte der Lokalisationen, die man durch jede der beiden Methoden erhielt, obgleich ihre Stellen 72 mm von der wirklichen Reizstelle entfernt lagen, doch innerhalb einer Grenze von 2 mm miteinander zusammenfielen[3]).

c. Entwicklung der Täuschung.

In den zwei vorhergehenden Versuchsgruppen schien die Täuschung erst nach mehreren Lokalisationen ihre volle endgültige Größe zu erreichen. Um diesen Entwicklungsprozeß genauer und reiner zu

[1]) $\pm$ 0,5 mm ($v = 19$; $n = 640$).

[2]) $\pm$ 0,5 mm ($v = 29{,}2$; $n = 640$).

[3]) Die wahrscheinliche zufällige Entfernung ist 1,1 mm. $\left(\sqrt{2} \times \frac{19{,}1}{\sqrt{640}}\right)$.

beobachten, zog ich mir jetzt einen neuen, mit den bisherigen Versuchen unbekannten Beobachter U. zu Hilfe. In dieser 6. Versuchsgruppe wurden nicht nur die Lokalisationen, sondern auch ihre Reihenfolge registriert. Zwar sind dann die Ergebnisse zu sehr durch den variabeln Fehler getrübt, als daß man viel mit den Einzellokalisationen anfangen könnte, wohl aber ließen sich Mittelwerte von je vier Lokalisationen, besonders bei einem so ausnahmsweise

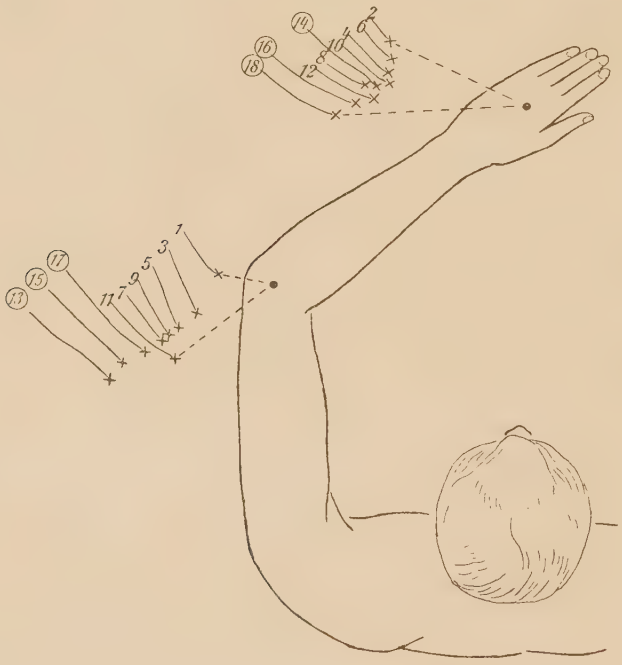

Fig. 8.

konsequenten Beobachter wie U., zur Untersuchung ausgeprägterer Erscheinungen erfolgreich verwenden. Die vier zusammen verwerteten Lokalisationen hatten immer je eine der vier Ausgangsrichtungen S. 42—43).

Aus den Ergebnissen wollen wir diesmal zuerst die konstanten Fehler hervorheben. Diese sind in Fig. 8 dargestellt[1]), wobei die

[1]) Für die mittleren Abw. läßt sich nur ein Maximalwert aufstellen (siehe den folgenden Absatz), der den wahren jedenfalls beträchtlich übertrifft; jener wäre ± 6,7 mm ($v = 13{,}4$; $n = 4$).

Nummern die Reihenfolge anzeigen. Die allgemeine Richtung ist, wie man sieht, dieselbe wie bei den andern Personen in der 4. und 5. Versuchsgruppe; der endgültige Betrag ist noch viel größer. Bis nach der 48. Einzellokalisation (Nummer 12 auf der Figur) blieb der Arm unbewegt; der Fehler entwickelt sich ganz allmählich, und zwar in einem asymptotischen Verlaufe; denn schon nach sechs Einzellokalisationen hat er beinahe, aber selbst nach achtundvierzig hat er kaum vollständig das Maximum erreicht. Hierauf zwischen jeder der 24 nachfolgenden Einzellokalisationen bewegte ich den Arm des Beobachters unregelmäßig hin und her; trotzdem entwickelte sich der Fehler immer ruhig weiter; am Ellbogen, wo die Versuche anfingen und deshalb durch die Entwicklung etwas gehemmt wurden (siehe im folgenden S. 60), schwang die Lokalisation zuerst über das Ziel hinaus, kehrte dann aber bald zurück ins Gleichgewicht.

Da hier der »konstante« Fehler eben aufhört konstant zu bleiben, so wird die Ausscheidung des rein variabeln (d. h. zufälligen) Fehlers nicht mehr gut ausführbar. Höchstens läßt sich ein Maximalwert ermitteln, indem man die Entfernungen der Einzel- von ihren entsprechenden Mittellokalisationen mißt, wodurch man einen Mittelwert von 13,4 mm[1]) bekommt; aber von diesem Betrag kommt wegen der sich fortentwickelnden »konstanten« Fehler (sowie auch wegen der Verschiedenheit der Ausgangsrichtungen) ein beträchtlicher, jedoch schwer bestimmbarer Teil in Abzug. Eine solche Vermischung des rein variabeln mit dem konstanten Fehler ist nun nicht einmal auf das Entwicklungsstadium des letzteren beschränkt; denn dieser konstante Fehler, obwohl keineswegs ungesetzmäßig, ist doch durch viele schwer kontrollierbare Einflüsse starken Schwankungen unterworfen (wie wir in Teil V sehen werden). Dies ist auch der Grund, weshalb ich auf S. 20 zu der Behauptung kommen mußte, daß alle experimentellen Ergebnisse über Lokalisationsfeinheit ziemlich wertlos bleiben, bevor man alle Täuschungsbedingungen gründlich erforscht hat.

2. Blicklokalisation am linken Arm.

a) Die Täuschung längs des ganzen Arms.

In der 4. bis 6. Versuchsgruppe ist die Zurückführung der Täuschung auf ihre Quelle zwar mit einiger Wahrscheinlichkeit, aber

[1]) ± 2,4 mm ($v = 13{,}4$; $n = 48$), wieder als Maximalwert.

immer noch nicht ganz sicher geschehen. Es wurde daher jetzt zu einer neuen Lokalisationsmethode übergegangen; der Beobachter sollte nämlich statt der rechten Hand die Blicklinien auf die vermeintliche Reizstelle dirigieren[1]).

Zuerst suchte ich das Verfahren möglichst natürlich zu gestalten: 2 cm über dem gereizten Arm, in horizontaler Ebene, lag ein großer schwarzer, mit einem Spiegel bedeckter Schirm; 2 cm über dem Schirm schwebte ein Modell des Armes. Der Beobachter sah in den Spiegel hinein, und nahm ein Bild wahr, welches sich von der wirklichen visuellen Wahrnehmung des Armes nur dadurch unterschied, daß es unabhängig von der taktilen Wahrnehmung desselben verschiebbar war; er sollte nun dieses Spiegelbild so einstellen, daß es in bezug auf seine räumliche Lage mit der taktilen Wahrnehmung übereinstimmte. Bei dieser Versuchsordnung konnte ich leider nicht die erwünschte Genauigkeit erlangen; denn jede neue Stellung des Armes ändert auch dessen Gestalt, so daß kein Modell treu bleiben konnte; außerdem ist die Lokalisation einer komplexen diffusen Empfindungsmasse weniger eindeutig als die eines scharf hervortretenden künstlich gereizten Punktes.

Ich mußte also zur künstlichen Reizung zurückkehren; das Spiegelbild des Modells ersetzte ich durch das eines aufrecht auf dem Spiegel stehenden Stäbchens; mittels eines langen Handgriffes verschob der Beobachter das Stäbchen, bis sein Spiegelbild mit der vermeintlichen Stelle des gleichzeitigen Reizes zusammenfiel; der vom Schirme gelieferte schwarze Untergrund begünstigt die Entstehung einer lebhaften Vorstellung des (nicht sichtbaren) gereizten Armes. Dieser selbst lag möglichst nahe unter dem schwarzen Schirm (ungefähr 2 cm davon) auf derselben Gipsmatrix wie früher. Auf den Schultern des Beobachters lag horizontal, einem breiten spanischen Kragen vergleichbar, ein 80 × 70 cm großes Stück Karton, welches den Körper (auch die rechte Hand) und den Rand des Apparates völlig verdeckte, aber

[1]) Wie auf S. 13 u. 16 auseinandergesetzt, hat diese Blicklokalisation bloß eine äußerliche Ähnlichkeit mit der gewöhnlichen Volkmannschen Methode; in letzterer ist die vermeintlich gereizte Stelle nicht eigentlich durch die Richtung der Blicklinien, sondern vielmehr durch Deckung des empfundenen mit einem reproduzierten Sehfelde bestimmt. Bei der Blicklokalisation dagegen hat die Beschaffenheit des Sehfeldes nur den Nebenzweck, die Abweichung der Blicklinien von der wirklichen Stelle genau meßbar zu machen.

den dunkeln Grund, wo der Arm vorgestellt wurde, noch übersehen ließ. Von der Basis des Stäbchens aus erstreckte sich, nach der dem Beobachter entgegengesetzten Seite, ein langer Zeiger, wodurch ich die jeweilige Stellung des Stäbchens genau registrieren konnte; der Zeiger ging durch einen horizontalen Schlitz eines vertikalen Schirms, welcher die ganze Registrierung dem Beobachter verbarg. Der Beobachter mußte das Stäbchen sukzessiv von allen vier Richtungen her heranbringen, um es mit der vermeintlichen Reizstelle in Übereinstimmung zu setzen.

In dieser 7. Gruppe glaubte ich alle Versuche mit nur einem Beobachter Wa. anstellen zu dürfen; denn dieser Herr hatte sich durch die vorigen Versuche als merkwürdig frei von »systematisch variabeln« Fehlern und selbst individuellen Eigentümlichkeiten gezeigt; seine Mittellokalisation hatte immer mit der aller Beobachter zusammengenommen sehr genau übereingestimmt. Jeder von elf Punkten längs des ganzen linken Armes wurde an sechs Tagen täglich sechsmal geprüft. Während einer Sitzung blieb der Arm ruhig liegen. Den Ergebnissen der 5. Versuchsgruppe entsprechend wurden jedesmal zuerst 8 bloß vorbereitende Lokalisationen gemacht, damit die Täuschung sich entwickeln und ins Gleichgewicht kommen konnte; eine solche Vorbereitung an einer Hautstelle genügte für den ganzen Arm und die ganze Sitzung; sie wurde nicht an den Fingern vorgenommen, da die sofort auf diese empfindlichen Körperteile gerichtete Aufmerksamkeit den ersten Eindruck zu befestigen und die Entwicklung der Täuschung zu hemmen schien; jeden Tag entwickelte sich die Täuschung langsamer, obwohl sich dabei ihr endgültiger Umfang kaum verminderte.

Wenn man die Ergebnisse für jede Sitzung getrennt berechnet, so ergibt sich ein mittlerer variabler Fehler von 16 mm[1]); aber wenn man die Resultate aller sechs Tage zusammenwirft, so bekommt man einen variabeln Fehler höherer Ordnung (s. S. 26), welcher auf 25,2 mm[2]) steigt.

Die konstanten Fehler sind in Fig. 9 dargestellt. Obgleich jetzt der Beobachter mit den Blicklinien, statt mit der rechten Hand, nach der vermeintlichen Reizstelle sucht, so sieht man doch, daß der konstante Fehler ohne merkliche qualitative oder selbst quantitative

[1]) $\pm$ 0,6 mm ($v = 16$; $n = 396$).
[2]) $\pm$ 0,9 mm ($v = 25{,}2$; $n = 396$).

Änderung geblieben ist. Jetzt können wir mithin den rechten suchenden Arm, wenigstens der Hauptstelle nach, von der Urheberschaft der Täuschung endgültig freisprechen. (Also gerade das Gegenteil der spekulativen Voraussetzung aller auf S. 11—12 erwähnten Forscher.) Die Hypothese einer segmentalen Täuschung am linken Arm haben wir schon fallen gelassen (s. S. 46). Es bleibt nur noch die Auffassung der Täuschung übrig, auf welche schon alle Beobachtungen mehr oder weniger entschieden hingewiesen haben, nämlich daß sie in einer scheinbaren Linksdrehung des linken Armes um das Schultergelenk besteht.

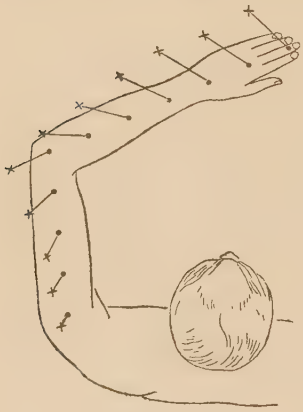

Fig. 9.

Die Fig. 7, welche viel vollständiger als die Fig. 4—6 ist, zeigt jedoch, daß der Drehpunkt nicht ganz genau mit dem Schultergelenk zusammenfällt, sondern eine kleine kontinuierliche Verschiebung aufweist, wodurch die Täuschung schließlich am Schultergelenk selbst nicht ganz verschwindet. Als Erklärung dieser Diskrepanz kann unmöglich der Zufall in Betracht kommen, da die betreffenden Abweichungen viel größer als die bloß wahrscheinlichen sind und außerdem einen vollkommen regelmäßigen, kontinuierlichen Verlauf aufweisen; ebensowenig kann man diese neue zu derjenigen am Schultergelenk hinzutretende Täuschung für segmental halten, denn in diesem Fall wäre sie schon in Fig. 3—5 zum Vorschein gekommen; sie kann also nur artikular sein, und hiermit eindeutig einer Fehlschätzung der jetzt erst als Faktor auftretenden Kopfdrehung (einschließlich Augen) zugeschrieben werden; und in der Tat ist die Annahme einer mit der Linkswendung des Kopfes wachsenden Rechtsdrehung seiner scheinbaren Stellung (im Vergleich zur wirklichen Stellung) in vollster Übereinstimmung mit den beobachteten Diskrepanzen. Alles, was nicht die natürliche Folge obiger zwei Täuschungen am Schulter- und am Kopfgelenke ist, läßt sich ungezwungen als eine allgemeine Unterschätzung der visuellen im Vergleich mit der taktilen Entfernung erklären. Später werden wir sehen, daß eine allgemeine

Fehlschätzung solcher Art bei jedem Beobachter mehr oder weniger vorhanden ist; bei einigen Personen besteht sie in einer Unter-, bei andern in einer Überschätzung. In dieser Versuchsgruppe haben wir also die Täuschung in einen Haupt- und zwei Nebenfaktoren — Linksdrehung des linken Armes, Rechtsdrehung des Kopfes und Unterschätzung der visuellen Entfernung — zerlegen müssen. Es scheinen vielleicht jetzt die Deutungen der konstanten Fehler sich bedenklich kompliziert zu haben; am Ende jedoch werden sie sich in überraschende Einfachheit wieder auflösen.

Die auf S. 36 erwähnte Täuschung, wo der Beobachter die Lage des gereizten Armes zu niedrig annahm, konnte jetzt objektiv gemessen werden; denn an das Stäbchen brachte ich eine auf- und abwärts verschiebbare Scheibe. Diese wurde dann so justiert, daß ihr Spiegelbild dem Beobachter in derselben Tiefe wie seine gereizte Haut erschien; man hätte nun erwarten können, daß die eingestellte Höhe der Scheibe über der spiegelnden Fläche dem tatsächlichen Abstande der Haut unter derselben gleich geworden wäre, sie war aber bei allen Beobachtern mehrere Zentimeter größer.

b) Blick- verglichen mit Tastlokalisation.

Bis jetzt war der Apparat nur gerade groß genug, um einen frontalwärts liegenden Arm prüfen zu können; nun konstruierte ich einen neuen Apparat, der für den ganzen Fühlraum beider Hände ausreichte (s. Fig. 10). Der Kopf des sitzenden Beobachters ragte aus einem großen horizontalen, den Hals eng umschließenden Schirm heraus. Der gereizte Arm lag auf einem Tisch (in der Figur weggelassen) unterhalb des Schirmes, konnte frei in jeder Richtung bewegt werden und war so unterstützt, daß die zu reizenden Hautstellen ungefähr 2 cm unter dem Schirm lagen. Um den andern, das Stäbchen justierenden Arm emporkommen zu lassen, sind zwei Stücke des Schirmes, je rechts und links vom Kopfe, entfernbar; wenn Versuche zu gleicher Zeit an beiden Armen vorgenommen wurden, mußte ich selbst das Stäbchen nach Anweisungen des Beobachters justieren. Ein Spiegel so groß wie der ganze horizontale Schirm hätte manche Schwierigkeiten geboten; da er aber nur dort nötig war, wo das Stäbchen gespiegelt werden sollte, so brachte ich einfach das Stäbchen auf eine spiegelnde Basis. Der Reiz wurde mit der Spitze eines langen Drahtes

gegeben, dessen entgegengesetztes Ende am Rande des Schirmes befestigt war; vor jeder Versuchsreihe wurden beliebig viel Drähte, einer für jede gewünschte Reizstelle, angebracht (in der Figur ist nur ein Draht gezeichnet). Um die Lokalisationen zu registrieren, war ein Stück weißes Papier, groß genug, um die ganze in Betracht kommende Fläche zu decken, auf den Schirm gelegt und leicht befestigt; über

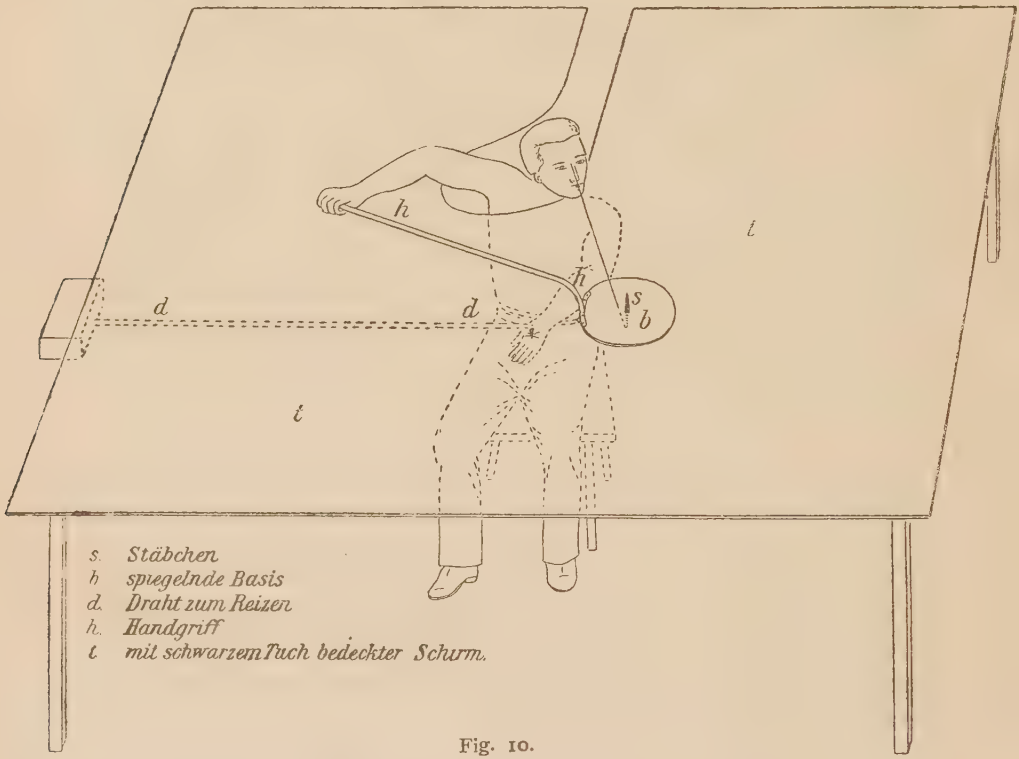

Fig. 10.

dem Papiere und dem ganzen Schirme lag ein schwarzes Tuch; auf dem Tuche stand das Stäbchen, welches der Beobachter hin und her schob, bis das Spiegelbild mit der Stelle des Reizes zusammenzufallen schien; dann führte ich meine Feder unter das schwarze Tuch hin und registrierte genau die Stelle des Stäbchens[1]); diese Stelle blieb

[1]) In Fig. 8 ist der Spiegel rund gezeichnet, um den Reflex des Stäbchens darstellen zu können; aber in Wirklichkeit war der Spiegel nur auf der Seite des Stäbchens nach dem Beobachter zu angelegt, so daß meine Feder leicht bis an die Stelle des Stäbchens selbst herankommen konnte.

dem Beobachter unsichtbar; und um eine jede Erinnerung auszulöschen, wurde nach jeder Lokalisation das schwarze Tuch unregelmäßig verschoben. Damit der Beobachter sich möglichst unabhängig von unmittelbaren visuellen Erinnerungen orientiere, wurden ihm schon einige Schritte vor dem Apparat die Augen verbunden. In dieser Situation wurde er 3—4 mal herumgedreht und jetzt erst in den Apparat gebracht. Diese Versuchsanordnung war ebenso brauchbar für Tastlokalisation.

Die erste Versuchsgruppe mit dem neuen Apparat (die 8. Gruppe überhaupt) sollte Tast- und Blicklokalisation genau miteinander vergleichen. Wieder hat mir Wa. seinen wertvollen Beistand geleistet; dank der merkwürdigen Gleichmäßigkeit seiner Lokalisationen konnte ich die ganze Versuchsgruppe in einer einzigen Sitzung durchführen und damit die Vergleichbarkeit der Werte sehr erhöhen. Selbst mit diesem Beobachter glaubte ich jede Lokalisation wenigstens 10 mal wiederholen zu müssen, wodurch die ganze Gruppe 3 Stunden Versuchszeit beanspruchte; jedes Mittel wurde angewandt, um einer Ermüdung entgegenzuwirken, obgleich bei derartigen Lokalisationen Ermüdung keine merkliche Rolle zu spielen scheint. Es wurden dann 8 Stellen längs des ganzen linken Armes je 10 mal mit Tast-, sowie auch 10 mal mit Blicklokalisation geprüft.

Der sich daraus ergebende mittlere variable Fehler war für Tastlokalisation 15,6 mm[1]); für Blicklokalisation 17,4 mm[2]).

Die mittleren konstanten Fehler sind in Fig. 11 dargestellt[3]). Die Blicklokalisationen (in der Figur die ausgezogenen Linien) bieten offenbar, trotz der neuen Versuchseinrichtung, die befriedigendste Ähnlichkeit mit den früheren (Fig. 10), nur sind die Fehler größer geworden. Die Tastlokalisationen dagegen (in Fig. 11 die unterbrochenen Linien) zeigen zwar denselben allgemeinen Verlauf, aber mit einer ganz regelmäßigen Abweichung; ein Teil dieser Abweichung erklärt sich durch die schon in der letzten Gruppe konstatierte Überschätzung der visuellen Entfernung; der andere Teil ist nur dadurch zu deuten, daß die frühere scheinbare Rechtsdrehung des Kopfes jetzt durch eine solche des rechten Armes ersetzt worden ist. Daß beide Arme eine Täuschung derselben Art aufweisen, kann wohl nicht

[1]) ± 1,1 mm ($v = 13{,}6$; $n = 80$).
[2]) ± 1,4 mm ($v = 17{,}4$; $n = 80$).
[3]) Mit wahrsch. Abw. von 4 bzw. 5 mm ($v = 13{,}6$ bzw. 17,4; $n = 10$).

verwundern; auch wird es später direkt nachgewiesen werden (S. 66); vielmehr hat man eine Erklärung dafür nötig, weshalb die Täuschung vom rechten Arm nicht schon in Fig. 6—8 zum Vorschein gekommen ist, und weshalb sie auch jetzt immer noch nur $^1/_3$—$^1/_4$ der Täuschung des linken Armes beträgt. Auf beide Fragen lassen sich befriedigende Antworten geben. Betreffs der Kleinheit der Täuschung des rechten Armes wird auf S. 74—75 nachgewiesen werden, daß eine artikulare Täuschung sofort auf einen kleinen Bruchteil herabsinkt, wenn man das betreffende Gelenk in Bewegung setzt. Und der Grund, weshalb diese Täuschung am rechten Arme jetzt erst überhaupt zum Vorschein kommt, liegt darin, daß eine artikulare Täuschung außerordentlich leicht hemmbar ist[1]), und daß sie in der Unterbrechung des Verlaufes der visuellen Wahrnehmung durch Schließen der Augen schon einige Schritte vor dem Apparat und durch die sichere Isolierung des Kopfes jetzt erst günstige Bedingungen vorfindet; deshalb ist jetzt auch am linken Arme die Täuschung bedeutend größer als in Fig. 9.

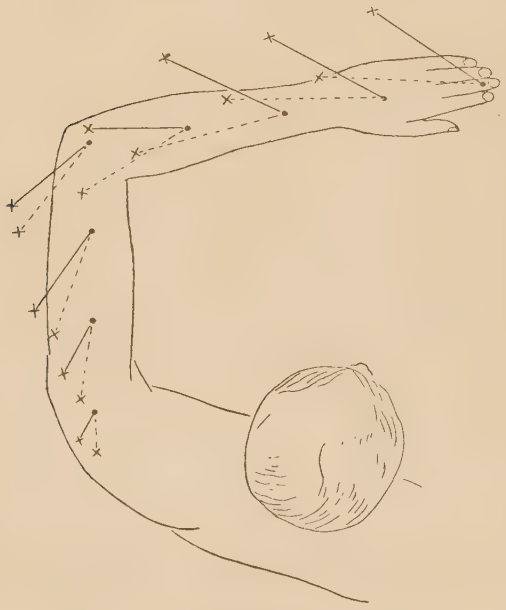

Fig. 11.

Diese Verbesserung der Bedingungen ist nicht minder spürbar in den subjektiven Wahrnehmungen. Der Beobachter Wa. bemerkt, daß seine Lagevorstellungen noch viel abstrakter und allgemeiner geworden seien; es kommt ihm nicht mehr vor, als ob er unter dem Schirm einen Arm von scharf definierter Gestalt hätte, sondern vielmehr, als ob der ganze Raum dort unten er selbst wäre.

---

[1]) Dieser Satz wird in Abschnitt V bewiesen werden.

c) Vergleich zwischen blickend-passiver, aktiv-passiver und blickend-aktiver Lokalisation.

In den letzten beiden Versuchsgruppen haben wir die Täuschung in einen Haupt- und zwei Nebenfaktoren zerlegen müssen; hierbei aber ist vorausgesetzt, daß die Täuschungswirkungen sich mathematisch summieren. Gegen eine solche Voraussetzung läßt sich manches einwenden. Jastrow[1]) z. B. verglich die räumlichen Schätzungen durch »Hand«, »Arm« und »Auge« miteinander; er fand, daß Entfernungen nach Schätzung mit dem Auge oder mit dem Arm, wenn sie einer mit der Hand geschätzten Entfernung gleich erscheinen sollten, in Wirklichkeit doppelt so groß sein mußten. Daraus könnte man schließen, daß wenigstens das Auge und der Arm gleiche Schätzungen liefern würden; aber im Gegenteil mußte auch hier, um scheinbare Gleichheit zu erreichen, dem Auge eine in Wirklichkeit doppelt so große Entfernung wie dem Arme dargeboten werden. Dies mahnt zur Vorsicht, und wir wollen uns nicht damit begnügen, die Annahme der Zerlegbarkeit in den vorliegenden Fällen leidlich durchführen zu können; vielmehr wollen wir diese Annahme auf ihre allgemeine Richtigkeit prüfen.

Die Einzelbestimmungen, die in die Lokalisation eingehen (S. 16), kombinieren sich zu drei Arten von Hauptfaktoren: einem aktiven Körperglied, einem passiven, und dem Blick; von diesen gehen nur zwei in jede Lokalisation ein; so z. B. sind in den bisherigen Tastlokalisationen der suchende Arm aktiv, der gereizte dagegen passiv gewesen. Der Kürze halber wollen wir solche Lokalisationen als »aktiv-passiv« bezeichnen. In ähnlicher Weise kam in den Blicklokalisationen neben dem »Blicken« noch der passive gereizte Arm in Betracht; und diese Lokalisation wollen wir gleichfalls möglichst kurz als »blickend-passiv« bezeichnen.

Nun aber kann man ebensowohl »blickend-aktiv« lokalisieren, indem der Blick sich nicht mit der ruhenden, sondern mit der aktiv suchenden Hand zur räumlichen Deckung zu bringen sucht. Dadurch bekommt man schließlich drei Gleichungen zwischen je zwei dieser drei Faktoren; zwar reichen diese nicht aus, wie man vielleicht hoffen könnte, die Gleichungen vollständig zu lösen und so die absoluten

[1]) Mind, XI, 1886, S. 539.

Raumlagen zu bestimmen; wohl aber liefern sie Werte, auf Grund deren man entscheiden kann, ob die drei Faktoren in allen Gleichungen konstant bleiben. Es soll z. B. eine Linie B—P die Richtung und Größe des konstanten Fehlers durch eine blickend-passive Lokalisation, und eine andere Linie A—P den Fehler darstellen, wenn derselbe Reiz aktiv-passiv lokalisiert wird; es fragt sich jetzt: wird eine entsprechende blickend-aktive Lokalisation immer den Fehler B—A hervorbringen?

Um diese Frage zu beantworten, ist eine neunte Versuchsgruppe angestellt worden. Da diese aber die ausgedehnteste und komplizierteste von allen war und den jetzigen Gedankengang allzusehr ablenken würde, so muß ich mich vorläufig auf das Hauptergebnis beschränken. Es stellte sich heraus, daß, solange man die drei Arten von Lokalisationen genügend rein und vergleichbar gestalten konnte (was keineswegs leicht auszuführen war), dann in der Tat der beobachtete blickend-passive Fehler mit der berechneten Linie B—A vollkommen übereinstimmte[1]).

Also, theoretisch wenigstens, muß ich die Voraussetzung der mathematischen Summation der hier in Betracht kommenden Täuschungswirkungen für berechtigt halten; in der Praxis lernte ich aber bald, mit ihr nur sehr vorsichtig umzugehen.

d) Der ganze Fühlraum, bei geübten Beobachtern.

In der zehnten Versuchsgruppe wandte ich mich der Hauptaufgabe zu, welcher der neue Apparat vor allem dienen sollte, der Erforschung der bis jetzt unerreichbaren seitlichen Teile des Fühlraumes. Wa. versuchte an den äußersten Grenzen einer noch bequemen Adduktion und Abduktion, sowie auch in zwei intermediären Stellungen, Reize auf dem Handrücken zu lokalisieren; das Verfahren war »blickend-passiv«; jede Stellung wurde nur viermal geprüft.

Die sich daraus ergebenden mittleren Lokalisationen sind in Fig. 12 mit »W« bezeichnet[2]). Je mehr der Arm nach links zu liegen kommt, desto mehr vermindert sich offenbar die Täuschung nach links zu, um schließlich ins Gegenteil umzuschlagen. Der nächste Beobachter

[1]) D. h. natürlich innerhalb der Grenze, welche von der Summation der drei darin vorkommenden wahrscheinlichen Abweichungen bestimmt wird.

[2]) Der mittlere variable Fehler war 23,2 mm, so daß die wahrscheinlichen Abweichungen der Mittellokalisationen = 12,6 mm.

H. wurde am Handrücken und auch am Ellbogen geprüft; die Lokalisationen sind ebenfalls in Fig. 10 gegeben und stimmen mit denen von Wa. überein; nur tritt die Umkehrung der Täuschung rascher und intensiver ein.

Aber die obigen Ergebnisse schienen mir bedenklich; denn selbst in Stellung 1 hatte sich die Täuschung gegenüber den durch die früheren Versuche festgestellten gefundenen Werten stark herabgesetzt.

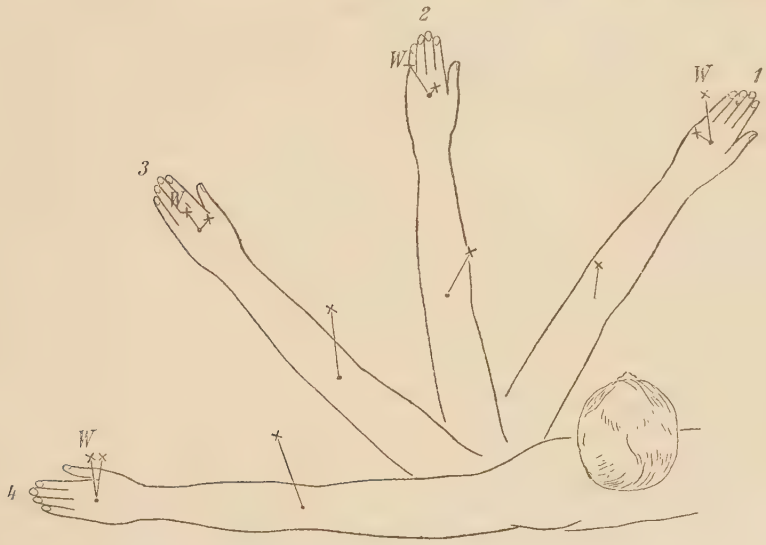

Fig. 12.

Deshalb prüfte ich H. in dieser Stellung noch einmal; jetzt war die Tendenz nach links ganz verschwunden[1])! Ich prüfte nun mehrere der früheren Beobachter mehrmals in dieser Stellung 1 sowohl mit Tast- wie auch mit Blicklokalisation; in jeder neuen Versuchsstunde wurde (trotzdem streng darauf gehalten wurde, daß der begangene Fehler unwissentlich blieb) die Tendenz nach links so stark herabgesetzt, daß sie bald verschwand, und zuweilen sogar eine kleine

[1]) Auf die Komponenten dieser Fehler in der Längsrichtung des Armes brauche ich wohl nicht weiter einzugehen. Man sieht, daß Wa. wieder die visuelle Entfernung unterschätzt. Dasselbe ist auch bei H. der Fall, aber kombiniert mit unserem früheren segmentalen Zentripetalismus (s. den II. Teil); letzterer wird, wie immer, nur dann merklich, wenn die artikulare Täuschung weniger die Oberhand hat.

Neigung zu der umgekehrten Richtung annahm[1]). Ich verwendete und verstärkte alle Mittel, welche früher die Ausbildung des Fehlers gefördert hatten; der Beobachter mußte den Arm mehrere Minuten in seiner Stellung erhalten, währenddessen ich seine Aufmerksamkeit abzulenken versuchte; alles umsonst, die Täuschung wollte nicht mehr entstehen.

Wie gesagt, wurden diese Beobachter sowohl in Blick- wie auch in Tastlokalisation geübt, und der Fehler erlosch dann für beide Versuchsarten, allerdings für letztere weniger vollkommen. Ich wollte nun sehen, was sich ereignen würde, wenn die Übung ausschließlich in Blick- oder ausschließlich in Tastlokalisation geschah. Mit Blicklokalisation schien die Täuschung ebenso rasch zu verschwinden, wie bei gemischter Übung, und war dann schließlich auch für die Tastlokalisation nicht mehr vorhanden. Mit ausschließlicher Tastlokalisation dagegen konnte ich keine Verminderung des Fehlers konstatieren (dabei aber muß man im Auge behalten, daß sich alle Beobachter in dieser Versuchsgruppe schon an den Gruppen 1, 4 und 5 beteiligt hatten).

Wie soll man nun dieses Verschwinden der Täuschung erklären? In der ersten Versuchsgruppe war es offenbar die Folge teilweiser Erkennung und Verbesserung der begangenen Fehler; aber jetzt waren alle Maßregeln getroffen, um dem Beobachter die Erkennung seines Fehlers unmöglich zu machen; auch ist kein Grund vorhanden, weshalb diese Erkennung für Blicklokalisation so viel leichter sein sollte als für Tastlokalisation; dazu kommt noch der sonderbare Gegensatz, daß nur Wiederholung der Sitzungen, keineswegs Anhäufung der Versuche innerhalb einer Sitzung die Täuschung herabsetzte. Mir scheint es, als ob bei jeder neuen Sitzung die allererste Lagevorstellung (wo, wie wir gesehen haben, die Täuschung noch nicht entwickelt ist) sich fester in die räumliche Anordnung des Sehfeldes hineinwebt und auf diese Weise die Täuschung immer weniger aufkommea läßt.

Es war nun unter diesen Verhältnissen, daß ich vorübergehend zu dem in der ersten Versuchsgruppe konstatierten segmentalen Fehler zurückkehrte. Dieser hatte sich damals trotz des Einflusses des Halbwissens als äußerst standhaft erwiesen. Blieb er dies auch noch

[1]) Einige Versuche in Stellung 4 zeigten, daß auch hier der Fehler sich verminderte.

unter der Einwirkung der Blicklokalisation? Die jetzt durchgeführte und schon auf S. 37—39 (als zweite) angegebene Versuchsgruppe ergab eine entschiedene Bejahung dieser Frage. Überall zeigt sich die kleine segmentale Täuschung ebenso zäh, wie die große artikulare Täuschung veränderlich ist.

e) Der ganze Fühlraum bei unbefangenen Beobachtern.

Die 11. Versuchsgruppe kam auf das gegenwärtige Thema zurück und sollte Aufschluß darüber geben, wie sich die Täuschung unter der neuen viel reineren Methode bei Beobachtern im natürlichen

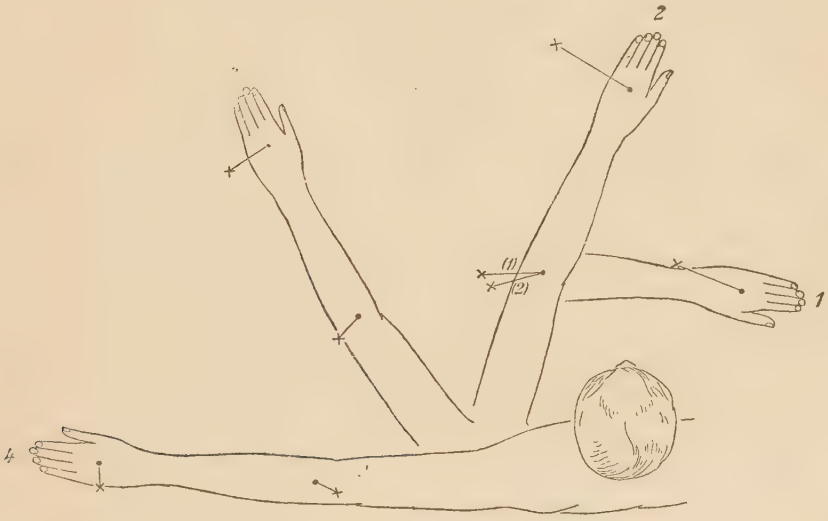

Fig. 13.

uneingeübten Zustande gestaltete; hiermit werden wir die Versuche über die Lokalisationsfähigkeit des linken Armes zum Abschluß bringen dürfen.

Zu diesem Zwecke haben F., Ke., L., Z., Kn., G. und N. ihre freundliche Hilfe geboten. Das Verfahren bestand in Blicklokalisationen und war auch sonst genau wie in der 8. Gruppe beschaffen. Es wurden wieder vier Stellungen geprüft, aber Stellung 1 unterschied sich von Stellung 2 nicht durch größere Adduktion der Schulter, sondern durch Flexion des Ellbogens (s. Fig. 13—15). In jeder Stellung wurden durchschnittlich sechs Einzellokalisationen gemacht,

immer Ellbogen und Handrücken miteinander abwechselnd; vier Beobachter gingen von Stellung 1, drei dagegen von Stellung 4 aus.

Der mittlere variable Fehler beträgt 27,1 mm[1]). Die Verteilung der variabeln Fehler ist folgende:

Tabelle II.

Stellung		1	2	3	4
Variabler Fehler in mm[2])	(Hand)	22,8	27,2	28,3	37,8
	(Ellbogen)	22,7	25,9	25,5	26,4

Auffallend ist das sehr regelmäßige Wachstum des Fehlers mit der Abduktion; dafür lassen sich mehrfache Erklärungen aufstellen, deren nächstliegende wohl die größere Übung bei größerer Abduktion ist.

Die konstanten Fehler für die fünf zuerst genannten Beobachter sind in Fig. 13 in der üblichen Weise zusammengestellt[3]). In den Stellungen 1 und 2 tritt wieder die alte Täuschung wie in Fig. 7—11 zutage; in Stellung 3 setzt sich der Fehler bedeutend herab; und in Stellung 4 ist er nur eben noch bemerkbar.

Für G. und N. sind die besonderen Fig. 14 und 15 gegeben[4]), weil die enormen Größen der Fehler, zusammen mit der frappanten Ähnlichkeit zwischen den beiden Fällen, offenbar etwas ganz anderes als bloße extreme, zufällige Schwankungen anzeigen[5]). Näher betrachtet stimmen diese Lokalisationen vollkommen mit den obigen überein, bis auf eine Ausnahme: diese besteht in der erstaun-

---

[1]) $\pm$ 1 mm ($v = 27{,}1$; $n = 336$).

[2]) $\pm$ 2 mm ($v = 27{,}1$; $n = 42$).

[3]) Die wahrscheinlichen Abweichungen erster Ordnung (s. S. 26) sind nur 5 mm ($v = 27{,}1$; $n = 30$); aber wenn man noch dazu die individuellen Unterschiede in Anschlag bringt, so steigen sie auf 32 mm ($v = 71$; $n = 5$). Für manche Betrachtungen muß wohl der zweite Wert maßgebend sein; doch scheint dabei der große mittlere individuelle Unterschied von 71 mm nicht wirklich rein variabel zu sein, sondern vielmehr hauptsächlich aus Schwankungen im Betrage der zwei konstanten Fehler hervorzugehen; letztere sind erstens die alte Täuschung nach links, zweitens die konstanten Fehlschätzungen der visuellen im Vergleich zu den taktilen Entfernungen (wobei aber, wie man sieht, die Unter- und die Überschätzungen sich schließlich ziemlich genau ausgleichen).

[4]) Hier hat man nur mit der wahrscheinlichen Abweichung erster Ordnung zu tun, 11 mm ($v = 27{,}1$; $n = 6$).

[5]) Trotz des normalen Zuwachses des konstanten Fehlers bleibt der variable genau wie bei den andern fünf Beobachtern 27,2 mm (für G. 28,4; für N. 26,0 mm).

lichen Verkleinerung der scheinbaren Länge des Armes. Unmöglich kann diese Verkleinerung etwa einer Überschätzung der

Fig. 14.

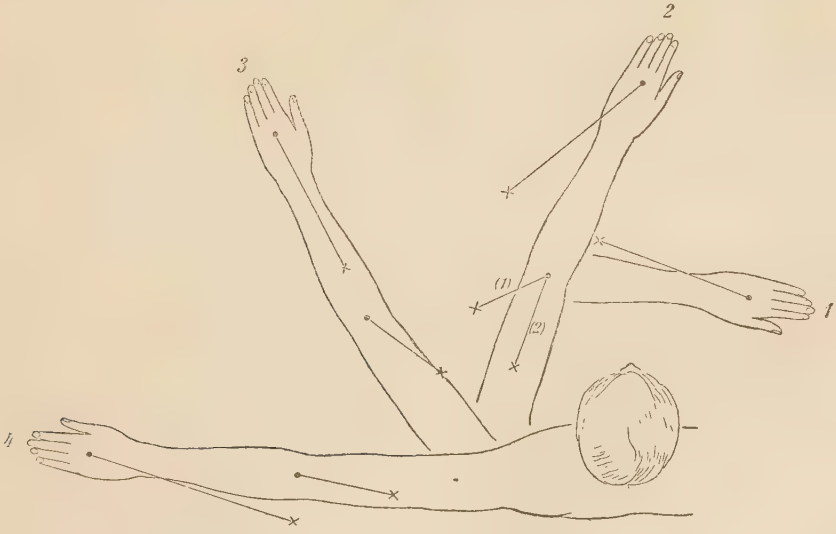

Fig. 15.

visuellen Entfernung zugeschrieben werden; einer solchen Hypothese widerstreiten nicht nur die Größe des Betrages und die subjektiven

Beobachtungen (s. S. 65), sondern in erster Linie die Tatsache, daß die Verkleinerung sich erst allmählich entwickelte[1]).

Auf die Erklärung dieser merkwürdigen Erscheinung werden wir erst auf S. 93 eingehen können; vorläufig wollen wir nur bemerken, daß sie offenbar segmentaler Art ist.

Die konstanten Fehler dieser Beobachter, trotz ihrer enormen Größe beim ersten Auftreten, zeigten sich bei erneuerten Versuchen ebenso bereit, zu sinken und zu verschwinden, wie die der früheren Beobachter.

Die auf S. 36 und 53 erwähnte vertikale Täuschung war bei diesen ungeübten Beobachtern ebenso verstärkt, wie die horizontale. L. beklagte sich über die Schwierigkeit der Lokalisation, weil, wie er meinte, der Arm so tief unter dem Schirm läge; auf meine Frage, wie tief denn der Arm wohl liege, sagte er: »15 bis 20 cm«; während diese Entfernung in Wirklichkeit bloße 2 cm betrug!

Bei allen bisherigen Blicklokalisationen war die rechte Hand, in der Justierung des Stäbchens, durchweg tätig, obwohl sie von der gereizten Hautstelle fern blieb (s. Fig. 10). Um den Einfluß dieser Tätigkeit zu ermitteln, wurde ein Beobachter in der Weise geprüft, daß er das eine Mal seine beiden Arme unter den Schirm, und zwar in symmetrisch zueinander gelegenen Stellungen brachte, während das Stäbchen von mir nach seinen Anweisungen justiert wurde; und dann so, daß er es selbst justierte, wie es bisher üblich war. Die mittleren Lokalisationen fielen identisch aus. Ein anderer Beobachter machte diese zwei Arten Versuche in umgekehrter Reihenfolge, aber gleichfalls mit ebenso geringer Verschiebung der Lokalisation.

In dieser Versuchsgruppe waren nicht nur die objektiven, sondern auch die subjektiven Erscheinungen viel ausgeprägter, als bei lange eingeübten Beobachtern. Wie schon Wa. fand (S. 56), schien die Vorstellung des Armes noch mehr »abstrakt« als bei den früheren Versuchsanordnungen; nur ein Beobachter wollte finden, daß sie

[1]) Diese beiden Beobachter gingen von Stellung 1 aus. Eine analoge Erscheinung entwickelte sich in sehr geringem Grade auch bei den fünf andern; denn für die drei, welche von Stellung 4 ausgingen, lagen die Lokalisationen des Ellbogens in Stellung 1 näher zum Körper wie in Stellung 2; während für die zwei, welche von Stellung 1 ausgingen, dieses Verhältnis umgekehrt war. Aber eine solche fünfmalige Übereinstimmung hat noch keine ganz zwingende Beweiskraft, da sie schon durch bloßen Zufall aus 32 Fällen (2^5) einmal zu erwarten wäre.

der Hauptsache nach irgendeinen empfindungsartigen, gleichviel ob visuellen oder taktilen Charakter an sich trüge[1]).

Wie früher H., so bemerkten jetzt G. und N., daß die scheinbare Stelle, gerade als sie sie bestimmen wollten, um 1—2 cm. wegrückte; wenn die Beobachter nachfolgten und die Stelle wieder zu bestimmen suchten, so rückte sie wieder weiter; die angegebene Richtung dieser Verschiebung stimmte genau mit der des konstanten Fehlers überein. Auch beim Aufhören des Reizes verschob sich sehr häufig die scheinbare Stelle; aber nur für N. geschah auch dieses im Sinne des konstanten Fehlers; sonst war es unregelmäßig. Ke. (der von Stellung 1 ausging) stellte sich plötzlich am Schlusse der Versuche in Stellung 2 den Arm beträchtlich flektiert vor und meinte, bis dahin einen Irrtum begangen zu haben, wenn er ihn ausgestreckt (richtig) vorgestellt hatte. Einmal war eine derartige Täuschung so lebhaft, daß der Beobachter seinen Arm wirklich durch verborgene mechanische Hilfsmittel von mir verschoben dachte.

Alle erwähnten Täuschungen hatten, in starkem Gegensatze zum logischen Fehlschuß (s. S. 36), einen unmittelbar sensorischen Charakter. Keinen Augenblick hat G. oder N. geglaubt, daß die Reizstelle wirklich so nahe am Körper wäre; denn sie nahmen wahr, daß die Reize ihren Handrücken, bzw. Ellbogen, trafen, und sie wußten wohl, daß diese Körperteile viel weiter ablägen; aber zu ihrer eigenen Überraschung wollten die Empfindungen nicht damit übereinstimmen.

Alle Beobachter meinten auf der Hand viel sicherer als auf dem Ellbogen zu lokalisieren; aber objektiv haben wir es gerade umgekehrt gefunden[2]). Diese Diskrepanz möchte ich dadurch erklären, daß der objektive Fehler nicht nur aus einer segmentalen, sondern auch aus einer artikularen Komponente besteht, und daß letztere gegen die Peripherie hin immer gröber werden muß[3]); das Sicherheitsgefühl dagegen beruht ausschließlich auf den bewußten Nuancierungen und dem »Raumsinn« der die segmentale Komponente liefernden Hautempfindungen, welche sich gegen die Peripherie hin immer verfeinern.

[1]) Die Ausnahme betraf N., der seine Vorstellungen als »dunkel visuell« charakterisierte.

[2]) 3. Tabelle II (S. 62).

[3]) Wenn der Gelenkwinkel fehlgeschätzt wird, so muß die Größe der entstehenden Täuschung offenbar dem Abstand der Reizstelle vom Gelenke proportional sein.

3. Lokalisation an andern Körperteilen.

a) Am rechten Arm.

Bis jetzt sind immer Reize am linken Arm lokalisiert worden. Es wurde nun eine (zwölfte) Gruppe sowohl von Tast- als auch von Blicklokalisationen in ganz ähnlicher Weise am rechten Arm vorgenommen; und sie führte zu ganz ähnlichen Ergebnissen. Die Täuschung war ebenso groß wie vorher, nur trat sie jetzt in Form einer Rechts- statt einer Linksdrehung auf. Die Versuche waren eingehend genug, um diese allgemeine Übereinstimmung zwischen den beiden Armen zu konstatieren, aber doch nicht so eingehend, daß die vermutlich vorhandenen kleinen Unterschiede festgestellt werden konnten; dann würde ihre ausführliche Beschreibung nur eine zwecklose Wiederholung des schon Gesagten sein[1]).

b) An den Oberschenkeln.

Die vorderen Flächen der Oberschenkel bieten besondere Vorteile zur experimentellen Untersuchung; sie sind für beide Hände bequem zugänglich; sie lassen sich ungefähr senkrecht zu den Blicklinien stellen; und auf die artikulare Komponente der Lagewahrnehmung wirkt eine nicht allzu große Anzahl von Gelenken ein.

Der Apparat wurde nach demselben Prinzip wie der in Fig. 12 gebaut; wiederum verbarg ein großer horizontaler Schirm alles, was sich darunter befand; aber diesmal umgürtete er nicht den Hals, sondern die Hüften des Beobachters; letzterer saß so auf einem Stuhl, daß die Oberschenkel horizontal ungefähr 2 cm unter dem Schirm lagen, und von mir beliebig ab- oder adduziert werden konnten. Sowohl Blick- als Tastlokalisationen wurden angewandt; die letzteren wurden abwechselnd zur Hälfte mit der linken und der rechten Hand ausgeführt. Jeder Schenkel wurde an zwei Hautstellen und in zwei Stellungen geprüft (Fig. 16).

In dieser (13.) Gruppe wandte ich nicht nur die bisher gebräuchliche Methode des mittleren Fehlers, sondern auch die der minimalen Änderungen an; es wurde jedoch auf ihre reinste Form verzichtet, da sich wohl die Punkte eben unmerklicher, aber nicht

[1]) Auch sind andere solche Versuche mit der rechten Hand im Teil IV angegeben; s. S. 75 u. 80.

die eben merklicher Unterschiede mit befriedigender Sicherheit beobachten ließen. Der suchende Stift (bzw. Blick) geht von irgendeinem Punkte aus, welcher eine übermerkliche seitliche Abweichung von der scheinbaren Stelle des Reizes zeigt, und wird dann langsam herangebracht, bis zum Grenzpunkt, wo er zuerst mit diesem zusammenzufallen scheint; hierauf geschieht derselbe Vorgang von der entgegengesetzten Seite aus; dann werden die zwei analogen Grenzpunkte in einer zur vorigen senkrechten Richtung ausgesucht, wobei man von Punkten ausgeht, die der Mitte der vorher als unter der Schwelle liegend gefundenen Strecke gegenüberstehen; nun wird die Mitte der jetzt als unter der Schwelle liegend konstatierten Strecke als die endgültige Stelle der Lokalisation betrachtet. In Versuchen, wo der Reiz während des Suchens fortdauert (wie den gegenwärtigen), und wo man von psychologisch geschulten Beobachtern unterstützt wird, bestimmt man die Täuschung rascher mit dieser als mit der früheren Methode, des mittleren Fehlers, obwohl man mit beiden doch schließlich zu ähnlichen Ergebnissen kommt. Zur Bestimmung der Lokalisationsfeinheit dagegen bekommt man zwar leidlich gut untereinander vergleichbare Werte von verschiedenen Prüfungen derselben Person, kaum aber von verschiedenen Personen; diese scheinen ungleiche Anlagen zum Sicherheitsgefühl zu haben.

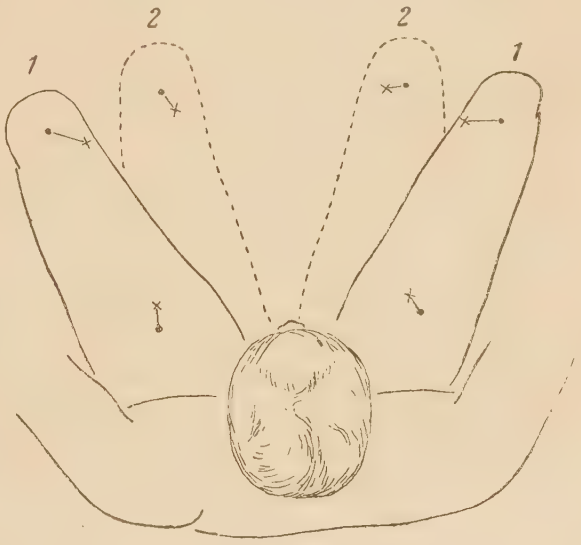

Fig. 16.

Von den fünf Beobachtern, F., S., H., M. und B., hatte der erstgenannte nur die 11. Gruppe durchgemacht, während die andern an fast allen mitwirkten. Für den kleinen Teil der Versuche nach der

Fehlermethode war der mittlere variable Fehler für Tastlokalisation 27,0 mm[1]); für Blicklokalisation 35,2 mm[2]). Die mittlere »unterschwellige« Strecke schwankte bei den verschiedenen Beobachtern von 103 mm bis zu 42 mm, und bei einem Beobachter reichte sie sogar bis zu negativen Werten hinab; im allgemeinen erhielt ich von denjenigen Versuchspersonen größere Werte, von denen ich glaube, daß sie eine gründlichere experimentell-psychologische Schulung genossen hatten.

Die mittleren konstanten Fehler (aus den gesamten Ergebnissen berechnet) sind in Fig. 16 dargestellt. Da die Täuschungen überhaupt klein sind, so tritt nun wieder der Zentripetalismus hervor; die vorderen Lokalisationen nämlich neigen nach hinten, die hinteren nach vorn. Die übrige und überwiegende Komponente der Täuschung besteht offenbar in einer scheinbaren Drehung beider Beine einwärts; auch ist diese Drehung größer in den Stellungen größerer Abduktion (Stellungen 1 der Fig.).

Die zwei Hände gaben zwar nicht identische, wohl aber symmetrische Ergebnisse. Bei drei Beobachtern (einschl. F.) lokalisierte die rechte Hand links und die linke Hand rechts von der Blicklokalisation; beim vierten waren diese Verhältnisse gerade umgekehrt; der fünfte hielt die Mitte inne, indem die Ergebnisse jener drei Lokalisationsarten annähernd zusammenfielen. Bei allen fünf Beobachtern stimmte dieses Verhältnis der Tast- zur Blicklokalisation mit demjenigen überein, welches sich in ihren unmittelbar vorhergehenden Versuchsgruppen gezeigt hatte und eher ein Übungsprodukt als den natürlichen Zustand darstellen dürfte.

c) Am rechten Fußknöchel.

Die Arme und die Oberschenkel waren es, welche die unzweideutigsten Resultate verhießen; deshalb sind diese, besonders die ersteren, mit möglichster Gründlichkeit untersucht worden. Die andern weiter unten behandelten Körperteile kommen mehr ergänzungsweise in Betracht.

Der für diese angewendete Apparat (Fig. 17) ist einfach, aber doch sehr brauchbar unter solchen Umständen, wo keine große

[1]) $\pm$ 2 mm ($v = 27$; $n = 88$).
[2]) $\pm$ 6 mm ($v = 35{,}2$; $n = 16$).

Genauigkeit erstrebt werden kann. In Fig. 17 ist die linke Hand der gereizte und die rechte Hand der suchende Körperteil; die den Apparat ansetzende Hand des Experimentators ist nicht mit gezeichnet worden; der horizontale Schirm ist gewöhnlich viel größer, als er in den Figuren erscheint[1]); der reizende Draht ist unten vom Schirme weg gekrümmt, so daß die Spitze anderthalb cm frei steht und federn kann; auf der oberen Fläche des Schirmes ist leicht zu erneuerndes weißes Papier festgeklemmt, worauf die Lokalisationen graphisch registriert werden. Statt horizontal kann der Schirm auch vertikal gehalten werden, was schon in den folgenden Versuchen geschehen mußte.

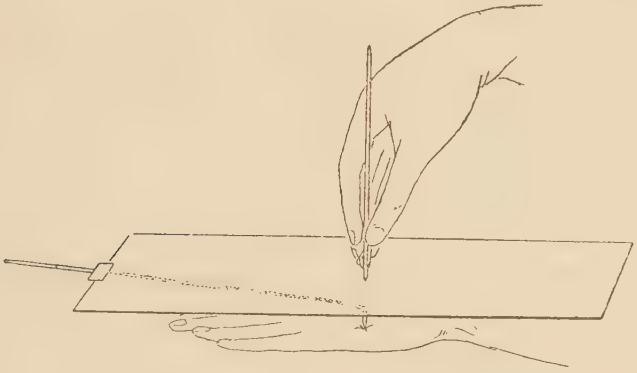

Fig. 17.

Diese (14.) Gruppe bezog sich auf den rechten Fußknöchel, und zwar auf zwei Stellungen desselben. In der ersten wurde der Fuß möglichst zurückgezogen, wie dies in Fig. 18 zu sehen ist; aber in Wirklichkeit wurde der Stift horizontal und parallel zur Querachse des Körpers gehalten, was sich in der Fig. nicht gut darstellen ließ. In der zweiten Stellung wurde der Fuß möglichst nach vorne ausgestreckt; auch jetzt hielt der Beobachter den Stift horizontal und parallel zur Querachse des Körpers. Es beteiligten sich die Herren B., S., H., K., M., und ich selber.

Der mittlere variable Fehler hatte bei zurückgezogenem Fuße eine Größe von 20,1 mm[2]), bei ausgestrecktem eine solche von 21,1 mm[3]).

[1]) Man macht den Schirm von bequemer Größe und Gestalt, je nach dem zu untersuchenden Körperteil.

[2]) $\pm$ 2 mm ($v = 20{,}1$; $n = 48$).

[3]) $\pm$ 2 mm ($v = 21{,}1$; $n = 48$).

Die mittleren Lokalisationen sind in den Fig. 18 und 19 dargestellt, nur sind die Fehler etwas vergrößert worden, um deutlicher

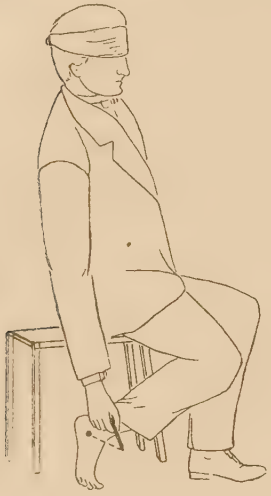

Fig. 18.

Fig. 19.

gesehen zu werden; ihr wahrer Mittelwert betrug in beiden Stellungen 55 mm[1]).

d) An der Handfläche.

In der 15. Gruppe war die Handfläche der gereizte, und der Mittelfinger derselben Hand der suchende Körperteil.

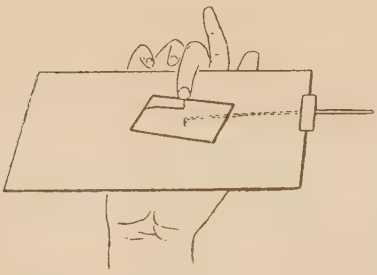

Fig. 20.

Der Apparat (Fig. 20) beruhte auf demselben Prinzip, nur wurde jetzt der Stift durch ein Stück Draht ersetzt, welches derart umgebogen war, daß es sich auf dem Papier leicht verschieben ließ, und eine federnde Spitze nach oben darbot. Es ergab sich bei einem variabeln Fehler unter 2 mm ein konstanter Fehler von mehr als 20 mm, und zwar nach dem Handgelenk zu.

[1]) Die wahrscheinliche Abweichung erster Ordnung (S. 26) ist 3 mm; wenn sie aus den individuellen Variationen berechnet ist, so steigt sie auf 9 mm.

4. Das Unterschätzungsgesetz.

Bis jetzt haben wir die aufgedeckten artikularen Täuschungen durch die einfachste Bezeichnung des jeweiligen Tatbestandes ausgedrückt. Jetzt wollen wir versuchen, diese mannigfachen Erscheinungen — zwar immer noch mit möglichst strenger Beschränkung auf den beobachteten Tatbestand — unter einen gemeinsamen Begriff zu subsumieren und zu einer allgemeinen Induktion zu verwerten. Ich glaube hiernach als empirisches Gesetz aufstellen zu dürfen, daß jede artikulare Teilbestimmung einer Lagevorstellung täuscht, indem die Abweichung von dem am häufigsten vorkommenden Gelenkwinkel unterschätzt wird (und zwar wird man für die meisten Gelenke annehmen dürfen, daß der »am häufigsten vorkommende« Winkel annähernd der Mittellage des Gelenkes entspricht[1]). Wir wollen nun sehen, inwiefern der obige Satz mit den tatsächlichen Beobachtungen übereinstimmt.

Die ersten und gründlichsten Versuche bezogen sich auf den linken Arm in den frontalen Stellungen; in diesen ist offenbar der Arm maximal adduziert; eine Unterschätzung solcher Abweichung von der Mittellage muß dann eine scheinbare Drehung nach links hervorbringen; und eine solche Drehung haben wir tatsächlich gefunden (Fig. 6—11). Und ganz dasselbe läßt sich auch vom rechten Arm sagen (vgl. S. 66).

Dann haben wir die mittleren und die maximal abduzierten Stellungen untersucht. Im ersten Falle sollte nach der Hypothese keine Täuschung, im zweiten Falle eine scheinbare Rechtsdrehung eintreten. Hier scheint also die Hypothese schon zu versagen, da wir in beiden Fällen eine merkbare, obwohl mit wachsender Abduktion sich stark reduzierende Linksdrehung beobachten (Fig. 13)[2]. Doch muß man

---

[1]) »Am häufigsten vorkommend« läßt sich bekanntlich in mehreren etwas voneinander verschiedenen Weisen auffassen; zwischen diesen zu entscheiden, reichen unsere Daten nicht aus.

[2]) Die Ergebnisse in Fig. 12 leiden zuviel unter dem unberechenbaren Einfluß vorhergehender Übung, um hier brauchbar zu sein. In Fig. 14 und 15 sind alle anderweitigen Ergebnisse durch die erstaunliche Verkleinerung zurückgedrängt. Da bleibt nur Fig. 13, welche aus den Lokalisationen von fünf unbefangenen Beobachtern zusammengestellt ist.

sich erinnern, daß diese Beobachtungen notwendigerweise mittels Blicklokalisition erlangt worden sind, und daß die Hypothese ebensosehr eine Unterschätzung der Linksdrehung des Kopfes — also eine scheinbare Rechtsdrehung desselben — erfordert; und eine solche haben wir tatsächlich gefunden (S. 52); nun aber muß diese scheinbare Rechtsdrehung des Kopfes der scheinbaren Linksdrehung des Armes fast diametral entgegenwirken[1]). Wir können den Zusammenhang sogar quantitativ bestimmen; die Täuschung, welche vom Kopfe herrührt, kommt in den Lokalisationen über dem Schultergelenk in Fig. 9 und 11[2]) rein zum Ausdruck; dort findet man eine mittlere scheinbare Linksdrehung von ungefähr 9°; diese müßte an der ausgestreckten Hand eine Linkstäuschung von 11 cm erzeugen; nun aber hatten wir in Fig. 13, Stellung 4, eine Linkstäuschung von bloß 5 cm; also muß der Arm für sich in Stellung 4 eine Täuschung von 11—5 cm nach rechts erzeugt haben. In analoger Weise kann man berechnen, daß der Arm für sich in Stellung 3 ganz frei von Täuschungen ist. Schließlich also stellt sich heraus, daß selbst die mittleren und maximal abduzierten Stellungen des Armes sowie auch die Kopfstellungen gerade die Täuschungen aufweisen, welche die Hypothese verlangt.

Die Täuschungen am rechten und am linken Oberschenkel (Fig. 16) lassen sich ohne weiteres als Unterschätzung der Abduktion auffassen.

Die achte beobachtete Täuschung ist in Fig. 18 dargestellt. Hier besteht die größte Abweichung irgendeines Gelenkes vom normalen Winkel in einer maximalen Flexion des Knies. Eine Unterschätzung dieser Flexion müßte die Lokalisation nach vorne und unten verschieben; und dies hat sich auch gezeigt.

In Fig. 19 befindet sich das Knie in ziemlich normaler Stellung, dafür aber tritt eine maximale Flexion des Hüftgelenkes ein, welcher dann eine Täuschung nach unten und hinten entsprechen sollte, und auch tatsächlich entsprach.

Die zehnte Täuschung war an der Handfläche gelegen (Fig. 20).

---

[1]) Vgl. Anmerkung [1]) S. 45.

[2]) In Fig. 11 kommt nur die mit ausgezogener Linie gezeichnete Lokalisation in Betracht.

Hier sind sowohl Trochlea wie auch Basis der ersten Phalanx des Mittelfingers sehr flektiert; aber ersteres Gelenk dient hauptsächlich nur dazu, die Fingerspitze der Handfläche überhaupt zu nähern, und kommt also kaum in Betracht, während Unterschätzung der Flexion an der Basis dieser Phalanx die Lokalisation nach dem Handgelenk zu verschieben müßte. Die Beobachtung bestätigte dies.

Sodann denken wir daran, daß in den Versuchen der Arm auf einem 90 cm hohen Tisch lag, während er doch gewöhnlich nach unten hängt. Die von der Hypothese verlangte Unterschätzung dieses Emporhebens mußte die Vorstellung des Armes in eine zu niedrige Lage versetzen. Auch dieses haben wir wiederholt konstatiert.

Schließlich kann ich hier vorweg auf eine Täuschung hinweisen, die erst in Teil IV ausführlich besprochen werden soll. Der Beobachter wurde an der rechten Seite des Kopfes gereizt, wobei seine suchende Hand die Fig. 21 gezeichnete Stellung einnahm; dabei ist der Ellbogen sehr flektiert und die Schulter sehr abduziert; Unterschätzungen dieser Abweichungen von den gewöhnlichsten Winkeln müssen die Lokalisation nach unten bzw. nach hinten bringen, welcher Fall auch tatsächlich eintrat[1]).

Fig. 21.

Alle (zwölf) beobachteten artikularen Täuschungen lassen sich mithin in dem hypothetisch angenommenen Sinne auffassen: als Unterschätzungen der Gelenkabweichungen vom häufigsten Winkel. Diesen Zusammenhang glaube ich also ziemlich sichergestellt zu haben[2]). Damit aber ist dieser Zusammenhang keineswegs erklärt, was erst in Teil V unternommen werden soll.

---

[1]) Bei allen Versuchen muß man natürlich die Störung beseitigen, welche durch die Ausgangsrichtung der suchenden Hand erzeugt ist (S. 43—44).

[2]) Wenn man Unter- und Überschätzung als gleich mögliche Fälle setzte, so wäre eine solche Übereinstimmung durch bloßen Zufall nur 1 in 4096 (2^{12}) mal zu erwarten. Der Zufall ist also hier wohl die kleinste Gefahr.

IV. Teil. Beeinflussende Momente.

1. Bewegung.

a) Blickend-passive verglichen mit blickend-aktiver Lokalisation.

Es handelt sich hier um eine Reihe verhältnismäßig kurzer Versuchsgruppen, welche teils zwischen, hauptsächlich jedoch nach den vorigen vorgenommen wurden, um zu ermitteln, inwieweit die Lokalisation auch von andern Momenten außer von der Reizstelle und der Gliedstellung abhängt. Die Ergebnisse können nur dann richtig gewürdigt werden, wenn man im Auge behält, wie eine Serie Lokalisationen für dieselbe Hautstelle und bei denselben Gliedstellungen ohne solche besondere beeinflussende Momente zu verlaufen pflegt: erstens beobachtet man die rein zufälligen Abweichungen jeder neuen Lokalisation von früheren, welche sich im Begriffe des variabeln Fehlers zusammenfassen; zweitens treten gelegentliche unregelmäßige Schwankungen der Gesamttendenz der Lokalisationen auf (»systematisch variabele« Fehler), welche jedoch ziemlich selten (bei einigen Beobachtern nie) im Laufe einer Versuchsstunde entstehen; und drittens geht im Laufe jeder Versuchsstunde eine allmähliche Vergrößerung, niemals eine Verkleinerung des konstanten Fehlers vor sich, welche immer in einer bestimmten, durch das »Unterschätzungsgesetz« vorgeschriebenen Bahn, zuerst rasch, bald aber sehr langsam vorschreitet.

Vor allem schien nun der vielumstrittene Faktor Bewegung der Untersuchung bedürftig zu sein; schon auf S. 49 hatten wir gesehen, daß Bewegungen zwischen den einzelnen Lokalisationen nichts an der Täuschung zu ändern vermochten. Zunächst kam es also darauf an, den Einfluß der Bewegung während der Lokalisation zu ermitteln.

In dieser (16.) Versuchsgruppe wurde der Beobachter M. zuerst mittels der gewöhnlichen Blicklokalisation (d. h. »blickend-passiv«[1]))

[1]) Ich erinnere daran (S. 57), daß eine Lokalisation zwei Hauptfaktoren hat, und daß diese von dreierlei Art sind: ein passiv berührtes Glied, ein aktiv tastendes Glied, oder die Blicklinien. Die gewöhnlichsten Lokalisationen sind die aktiv-passiven; in dieser Arbeit haben wir schon vielfach die blickend-passiven betrachtet; jetzt werden wir auch die blickend-aktiven und aktiv-aktiven heranziehen.

geprüft; seine linke Hand lag ruhig vor ihm auf dem Tische und wurde an der Dorsalfläche der ersten Phalanx des Mittelfingers gereizt; er zeigte die vermeintliche Stelle durch das Spiegelbild des Stäbchens (Fig. 10); als Ergebnis war ein konstanter Fehler in der normalen Richtung im Betrage von 94 mm zu konstatieren[1]). Dann mußte M. sich selbst reizen (»blickend-aktiv«); die Spitze war ungefähr 1 cm über der Hand fixiert, und M. reizte sich durch kleine Bewegungen des ganzen Armes; hierbei sank der konstante Fehler sofort bis zu 41 mm[2]), also weniger als die Hälfte, herab; dabei blieb die Richtung des Fehlers ungeändert.

Eine Woche später wurden die Versuche zur Bestätigung wiederholt. Bei passiver Haltung des gereizten Gliedes zeigte M. diesmal einen konstanten Fehler von nur 48 mm[3]). Bei aktivem Verhalten ging der Fehler sofort bis auf 25 mm[4]) herunter. Hierauf ließ ich den Arm einige Minuten ruhen, und dann reizte ich ihn bei passiver Haltung wieder, worauf auch der Fehler zu 48 mm[5]) zurückkehrte. Schließlich hat M. sich selbst nochmals gereizt, aber jetzt mittels Bewegungen der Finger allein und bei ganz ruhig gehaltenem Schultergelenk; diesmal betrug der Fehler 46 mm[6]) und blieb also ohne merkliche Änderung (im Gegensatz zum Verfahren mit Bewegung des ganzen Armes). Daraus scheint hervorzugehen, daß keineswegs bloße Bewegung an sich, sondern erst Bewegung des die Täuschung erzeugenden Gelenkes imstande ist, diese Täuschung herabzusetzen.

In allen Fällen blieb die Richtung des Fehlers dieselbe und normal.

Um sicher zu sein, daß es sich hier nicht bloß um eine individuelle Eigentümlichkeit handele, wurden analoge Versuche auch mit H. angestellt; diesmal wurde die rechte Hand statt der linken geprüft. Bei passivem Verhalten des Armes betrug der Fehler 54 mm[7]), und die Richtung war gleichfalls normal (d. h. sie lag jetzt nach rechts). Bei aktiver Haltung des ganzen Armes sank der Fehler bis auf nur 10 mm[8])

[1]) ± 2 mm ($v = 12$; $n = 28$).
[2]) ± 4 mm ($v = 10$; $n = 8$).
[3]) ± 3 mm ($v = 10$; $n = 10$).
[4]) ± 3 mm ($v = 9$; $n = 8$).
[5]) ± 4 mm ($v = 7$; $n = 3$).
[6]) ± 4 mm ($v = 9$; $n = 4$).
[7]) ± 3 mm ($v = 13$; $n = 16$).
[8]) ± 3 mm ($v = 15$; $n = 16$).

herab. Bei Bewegung der Finger, aber bei ruhendem Schultergelenk, stieg der Fehler sofort wieder bis zu 57 mm[1]). Diese Versuche mit H. bestätigten also die Ergebnisse von M. in vollkommenster Weise; beide liefern den auf S. 61 verlangten positiven Nachweis, daß die Täuschung eines aktiven Gelenkes viel kleiner als die eines passiven ist.

Betreffs der Lokalisationsfeinheit dagegen konnte die Bewegung gar keine Verbesserung erzielen[2]); denn in der ganzen Versuchsgruppe zeigt sie einen mittleren variabeln Fehler von 12,4 mm[3]), während derjenige der Versuche mit ruhendem Gliede 11,7 mm[4]) ist; dieser kleine Unterschied ist bedeutungslos, da er weniger als der wahrscheinliche zufällige Unterschied beträgt[5]).

b) Aktiv-passive Lokalisation verglichen mit aktiv-aktiver.

In der folgenden (17.) Gruppe ist wieder die Tastlokalisation gebraucht worden. Der Reiz fand an der Dorsalfläche des linken Armes statt und war abwechselnd passiv und aktiv. Die Ergebnisse für die drei Beobachter H., A. und Z. sind in folgender Tabelle zu Mittelwerten zusammengestellt:

Tabelle III (180 Einzelversuche).

	Handrücken		Mitte des Oberarms		Wahrsch. Abw.
	Pass.	Akt.	Pass.	Akt.	
Mittl. konst. Fehler (mm)	98	84	50	53	± 2
Mittl. var. Fehler (mm)	14	13	14	15	± 1,5

Hiernach scheint es, daß die Größe der Täuschung nicht sehr viel weiter herabgesetzt wird, wenn sich beide beteiligten Körperglieder aktiv verhalten.

[1]) ± 5 mm ($v = 15$; $n = 8$).

[2]) Es erfordert besondre Maßregeln, um den Vergleich zwischen aktiver und passiver Lokalisation einwandfrei anzustellen. Beim aktiven Verfahren ist der Reiz fortwährend unterbrochen, was wenigstens die subjektive Sicherheit bedeutend steigert; also muß auch beim passiven Verfahren der Reiz unterbrochen werden. Beim aktiven Verfahren hat ferner der Beobachter eine gewisse Auswahl in bezug auf die zu reizende Hautstelle, und wird, wenn er nicht davor gewarnt ist, die scheinbar schärfer lokalisierten Stellen unwillkürlich auswählen.

[3]) ± 1,1 mm ($v = 12{,}4$; $n = 57$).

[4]) ± 1,3 mm ($v = 11{,}7$; $n = 44$).

[5]) ± 1,7 mm ($\sqrt{1{,}1^2 + 1{,}3^2}$).

Wiederum bleibt der variable Fehler bei beiden Verfahren annähernd der gleiche. Das »Sicherheitsgefühl« dagegen bot zwei merkwürdige Kontraste dar; bei Reizung der Hand glaubten nämlich alle Beobachter besser mittels Bewegungen beider Arme lokalisieren zu können; bei Reizung des Oberarmes dagegen stimmten alle in der Behauptung überein, daß dann die Bewegung dieses Gliedes nachteilig wäre für die subjektive Sicherheit der Lokalisation. Sie wollten dies dadurch erklären, daß beim Lokalisieren auf der Hand Bewegungen beider Arme gebräuchlich, beim Lokalisieren auf dem Oberarme dagegen ungebräuchlich wären. Diese Erklärung dürfte wohl zutreffen; nur scheint der begünstigende Einfluß der Gebräuchlichkeit viel wirksamer in bezug auf die subjektive als auf die objektive Sicherheit zu sein.

c) Einfluß der Bewegung auf die Lokalisationsfeinheit.

Daß die Lokalisationsfeinheit nichts durch Bewegung gewinnen sollte, widerspricht sehr der allgemeinen Meinung darüber; auch könnte man vielleicht einwenden, daß die Ruhe nicht vollständig genug gewesen sei, oder wenigstens nicht lange genug gedauert habe, um auf die Lokalisation vergröbernd einzuwirken. Deshalb ist eine neue (18.) Versuchsgruppe speziell zur Nachprüfung angestellt worden.

Diesmal wurde der Beobachter so sorgfältig mit Kissen und allerlei Stützen umschanzt, daß der linke Arm vollständig bewegungslos, auch dann, wenn der andere Arm in Bewegung war, gehalten werden konnte; um auf etwaige Änderungen durch Übung oder durch Ermüdung durchgängig Rücksicht nehmen zu können, wurde der Beobachter abwechselnd am ruhenden Handrücken und auf der rechten Seite des sich ungezwungen bewegenden Kopfes geprüft; bei dieser Versuchsanordnung sollte sich der Einfluß der Ruhe auf den Arm, wenn nicht absolut, so doch wenigstens im Vergleiche zum bewegten Kopfe schätzen lassen[1]).

Der erste Beobachter, U., hatte bis dahin nur wenige Versuchsserien durchgemacht und besaß deshalb einen noch beträchtlichen konstanten Fehler, welcher sich erst bis zu einem gleichbleibenden

[1]) Auch diente diese Abwechslung zwischen Hand und Kopf dazu, jede Lokalisation zu einer neuen, von der vorangegangenen möglichst unabhängigen Lagewahrnehmung zu gestalten.

Wert entwickeln mußte, bevor man irgend etwas mit dem variabeln Fehler anfangen konnte; es wurden also die ersten acht Lokalisationen wie vorher als bloße Vorbereitung betrachtet. Dann folgten die gültigen Versuche; von der 1. bis zur 25. Minute betrug der mittlere variable Fehler auf dem Handrücken 15 mm[1]), auf dem Kopf 13 mm[2]); von der 25. bis zur 30. Minute erstreckte sich eine Ruhepause; von der 30. bis zur 55. Minute zeigten sich beide Werte als ganz dieselben wie in der ersten Versuchshälfte; es hatte also die stundenlange Bewegungslosigkeit auf die Lokalisationsfeinheit keinen merklichen Einfluß ausgeübt[3]). Auch scheinen Übung und Ermüdung hier wieder ohne viel Einfluß gewesen zu sein, wenn man nicht annehmen will, daß sie einander genau das Gleichgewicht gehalten haben. Nur auf den konstanten Fehler hat der Zeitverlauf eingewirkt, indem ersterer während der Zwischenpause von 60 mm[4]) (im ersten Teil) bis zu 94 mm[5]) (im zweiten Teil) stieg. Am Kopfe hatte sich der konstante Fehler bereits frühzeitig vollständig entwickelt[6]), und deshalb konnte er sich im zweiten Teil nicht noch mehr steigern; er ist, zusammen mit dem des folgenden Beobachters, etwas übertrieben in Fig. 21 dargestellt.

Dieser andere Beobachter, S., bot zum gegenwärtigen Zwecke ganz besondere Vorteile, die sich sonst nicht allzu leicht zusammenfinden dürften; denn mit derselben ausnahmsweisen Freiheit von »systematisch variabeln« Fehlern, welche bei U. und W. so große Dienste geleistet hatte, verband er die Eigenschaft, seinen konstanten Fehlern (am Arm) völlig beseitigt zu haben. Mit ihm also brauchte man keine vorbereitenden Versuche zu machen, sondern konnte sofort beginnen. Die Bedingungen waren genau wie bei U., nur konnte jetzt statt einer Zwei- eine Dreiteilung der Zeit vorgenommen werden. Die Ergebnisse sind in Tabelle IV angegeben.

---

[1]) $\pm$ 2,6 mm ($v = 15$; $n = 16$).

[2]) $\pm$ 2,3 mm ($v = 13$; $n = 16$).

[3]) Doch ist bei solchen verhältnismäßig großen wahrscheinlichen Abweichungen die scheinbare Genauigkeit offenbar nur zufällig.

[4]) $\pm$ 2,6 mm ($v = 15$; $n = 32$).

[5]) $\pm$ 2,6 mm ($v = 15$; $n = 32$).

[6]) Vermutlich, weil er noch nicht durch vorherige Erfahrung gehemmt war.

Tabelle IV (96 Einzelversuche.)

Zeitverlauf	1.—20. Minute	24.—44. Minute	45.—65. Minute	
Var. Fehler	Hand 11	10	11	± 2 mm
	Kopf 10	10	11	v = 10,5 mm

Also ist hier wiederum, soweit die Daten ausreichen, keine Vergrößerung des variabeln Fehlers nachweisbar. Die Versuchsserien in den letzten drei Gruppen, wenn sie auch einzeln genommen noch einen breiten Spielraum für den Zufall frei lassen, beweisen jedoch zusammengefaßt (über 500 Einzelversuche) genügend, daß die Bewegung auf die Lokalisationsfeinheit keinen beträchtlichen Einfluß hat.

Dieses Ergebnis nun könnte nicht nur bei denen Widerspruch erregen, welche aus theoretischen Rücksichten die Lokalisationsfähigkeit ausschließlich auf Bewegung begründen möchten; es scheint auch der allgemeinen Erfahrung entgegen zu sein, daß man für alle feineren räumlichen Orientierungen immer Bewegungen zu Hilfe zieht; die Blinden z. B., die so außerordentlich auf Orientierung durch den Tastsinn angewiesen sind, müssen ihre Finger fortwährend in Bewegung erhalten, so daß sich schließlich die bekannten reflexartigen »Tastzuckungen« einstellen[1]).

Aber diese Verfeinerung der Orientierung darf nicht auf die Bewegung als solche, sondern muß vielmehr auf die damit notwendig gegebene Änderung der artikularen Komponente der Lagenvorstellung bezogen werden; denn die Wahrnehmung der Bewegung eines Gliedes ist ja weiter nichts als eine Art Änderung der artikularen Vorstellungskomponente. Keineswegs aber darf man umgekehrt sagen, daß mit artikularen Bestimmungen notwendig Bewegungen gegeben sind; im Gegenteil, gerade in der Lagewahrnehmung können die artikularen Bestimmungen ohne Änderung — also ohne Bewegung — funktionieren; und dann haben sie auch, wie aus diesen Versuchen hervorgeht, nichts mehr durch Bewegung zu gewinnen. Kurz, alle Wirkungen artikularer Bestimmungen auf Bewegung zurückzuführen, heißt so viel, als einen Prozeß mit einer seiner Formen (wenn auch

[1]) Czermak, Sitzungsbericht d. Wiener Akad., 3, Bd. 17, 1855, S. 578.

mit der praktisch wichtigsten) zu vermengen; die Sache liegt genau so, als wenn z. B. Töne als Tonänderungen erklärt werden sollten. Und wenn Bewegung schon mit den artikularen Bestimmungen keineswegs zusammenfällt, so tut sie es natürlich noch viel weniger mit den segmentalen[1]).

2. Schmerz.

a) Lokalisation eines schmerzhaften Reizes.

Bis jetzt waren die Schärfe der reizenden Spitze und die Intensität des Druckes von einer solchen Beschaffenheit gewesen, wie sie dem Beobachter am günstigsten erschienen; nun aber wurden auch Versuche mit so scharfer Spitze und so intensivem Drucke ausgeführt, daß die zu lokalisierende Empfindung höchst schmerzhaft war. Den Beobachtern, welche bereitwillig der Wissenschaft diese Opfer gebracht haben, muß ich hier wieder meine bewundernde Dankbarkeit ausdrücken.

In dieser (19.) Gruppe war es nicht mehr möglich, die zwei zu vergleichenden Methoden hintereinander auf demselben Hautgebiet auszuführen, da nach den Schmerzreihen die Empfindlichkeit des betreffenden Hautgebietes auf längere Zeit sehr herabgesetzt bleibt. Es konnten also nur analoge Teile der beiden Arme miteinander verglichen werden. Der Beobachter wurde zuerst auf dem einen Arme in der Nähe des Ellbogens mit normalen Tastlokalisationen, und dann auf dem andern Arme wieder in der Nähe des Ellbogens mit schmerzhaften Lokalisationen geprüft; hierauf wurden umgekehrt in der Nähe des Handgelenkes des ersten Armes schmerzhafte Lokalisationen, und dann auf demselben Gebiet des zweiten Armes normale Lokalisationen angewandt. In dieser Weise wurde der Einfluß, der etwa in der Reihenfolge oder in einer Differenzierung der Körperhälften liegen könnte, leidlich eliminiert.

Die Ergebnisse sind in folgender Tabelle gegeben; jedesmal lag der konstante Fehler in der normalen Richtung für den betreffenden Arm.

---

[1]) Wie schon gesagt (S. 12), wird hierbei die Frage der ursprünglichen Genese der Raumvorstellung nicht berührt.

Tabelle V (224 Einzelversuche).

Beobachter	Hautstelle	Konstanter Fehler (mm)		Variabler Fehler (mm)	
		Normal	Schmerzhaft	Normal	Schmerzhaft
B.	Ellbogen	84	110	25	17
	Handgelenk	79	87	26	21
M.	Ellbogen	119	120	30	15
	Handgelenk	103	118	19	13
Kr.	Ellbogen	50	52	28	22
	Handgelenk	61	85	26	18

Wenn man entsprechende Werte vergleicht, so sieht man, daß der Schmerz jedesmal den konstanten Fehler vergrößert und den variabeln verkleinert[1]).

Subjektiv fanden B. und M., daß der schmerzhafte Eindruck zuerst viel schärfer als der normale lokalisiert war, bald aber diffus und viel schwerer lokalisierbar wurde; daher zeigten diese Beobachter beim Schmerz die vermeintliche Stelle mit ungewöhnlicher Promptheit und entsprechendem Sicherheitsgefühl an. Kn. dagegen zwang sich, bei schmerzhaften ebenso bedächtig wie bei normalen Reizen zu lokalisieren; daher kommt es wahrscheinlich, daß er beim Schmerz das überlegene Sicherheitsgefühl eingebüßt hatte, obwohl er die objektive Verkleinerung des variabeln Fehlers beibehielt.

Eine schon früher bemerkte Illusion wurde beim Schmerz noch frappanter. Sobald der Stift des Beobachters zur scheinbaren Reizstelle gekommen war, so schien hier jeder Druck des Stiftes auf dem Papier den Schmerz des Reizes außerordentlich zu steigern. Dabei war nicht nur eine mechanische Übertragung des Reizes ausgeschlossen, sondern es lag auch diese scheinbar empfindliche Stelle 52—120 mm (s. Tabelle) von der wirklichen entfernt.

b) Lokalisation bei Schmerz an einer entfernten Körperstelle.

Es sollte in dieser (20.) Gruppe ermittelt werden, ob die oben festgestellte Verkleinerung des konstanten Fehlers zunächst der speziellen Schmerzhaftigkeit des zu lokalisierenden Reizes, oder schon der

[1]) Daß die eine Art Lokalisation 6mal hintereinander größer als die andere ausfiele, wäre durch Zufall offenbar nur in einem Falle von 64 (2^6) zu erwarten.

allgemeinen durch Schmerz überhaupt erzeugten Affizierung des Bewußtseins zuzuschreiben wäre.

Das Verfahren war sehr einfach. Der Beobachter M. nahm in jede Hand ein Streichholz, machte die Augen zu, und suchte nun das eine in die vertikale Verlängerung des andern zu bringen. Bei richtiger Durchführung dieses Versuches greifen die Hände übereinander, und die Streichhölzer haben dabei, je nach der Versuchsperson, einen Abstand von 1—7 cm. Man tut gut, sie nicht ohne weiteres zur (scheinbaren) Deckung zu bringen, sondern sie zuerst zu weit zu führen, bis man sicher glaubt, daß sie aneinander vorbeigegangen seien; dann zieht man sie wieder zurück, bis sie einander ebenso deutlich nicht erreichen; und so führt man sie ein halbes Dutzend mal hin und her, bis man sie genau in die mittlere Stelle maximaler scheinbarer Übereinstimmung zu bringen sich getraut. Je mehr die Aufmerksamkeit auf die Tastempfindungen konzentriert wird, desto sicherer gelingt der Versuch. Man muß sorgfältig vermeiden, daß sich die Hände oder die Streichhölzer berühren; wenn dies doch zufällig geschieht, so muß der Versuch abgebrochen und erst nach mehreren Minuten weitergeführt werden; denn durch solche Berührung wird die Täuschung mit mechanischer Notwendigkeit aufgehoben.

Zuerst mußte M. acht vorbereitende Versuche in der obigen normalen Weise machen, um dabei einen gewissen Grad von Sicherheit zu erreichen. Dann fingen die acht wirklichen Versuche an; von diesen waren der 2., 4., 6. und 8. wieder normal; aber während des 1., 3., 5. und 7. wurde M. am Halse mit einer Nadel stark genug gereizt, um heftigen Schmerz zu empfinden.

Die sich daraus ergebenden Beträge des Abstandes waren 19, 7, 11, 7, 19, 10, 15 und 9 mm. Einen so regelmäßigen Zuwachs der Täuschung beim Schmerz kann man unmöglich dem Zufall zuschreiben[1]).

[1]) Dies ist ein Beispiel der Unzuverlässigkeit einer unmittelbaren Schätzung der Beweiskraft. Denn hier ist die Beweiskraft beim ersten Eindruck gar nicht imponierend; jedenfalls ist sie nicht frappanter als in der letzten Versuchsgruppe, wo die Täuschung beim Schmerz 6mal hintereinander größer war als die entsprechende Täuschung ohne Schmerz. Aber für letztere Übereinstimmung war die Wahrscheinlichkeit $\frac{1}{2^6} = 1/64$: während doch in dieser Gruppe alle vier Täuschungen mit Schmerz größer ausfallen, als die vier ohne Schmerz, wofür die Wahrscheinlichkeit $\frac{1}{5^4} = \frac{1}{625}$ ist, also schon zehnmal weniger.

Mithin muß man schließen, daß der Schmerz nicht durch engen Zusammenhang speziell mit dem zu lokalisierenden Reiz, als vielmehr durch seine allgemeine Affizierung des Bewußtseins die Täuschung zu vergrößern vermag. Die Beobachter hatten durchweg keine Ahnung, daß sie bei begleitendem Schmerz an ganz anderer Stelle lokalisierten als ohne diesen.

3. Spannungsempfindungen.

Zufälligerweise hatte ich entdeckt, daß bei mir das obenerwähnte Übereinandergreifen sofort verschwand, wenn ich die Streichhölzer durch zwei schwerere Bücher ersetzte. (Mit Ausnahme solcher Versuche an mir selbst ist bei allen Beobachtern die strengste Unwissentlichkeit bis zum Schluß der ganzen Untersuchung erstrebt worden.) Diese Erscheinung nachzuprüfen war die Aufgabe der 21. Versuchsgruppe.

Der erste Beobaehter war M., der, wie oben, zuerst acht einübende und dann acht geltende Versuche mit den Streichhölzern ausführte. Von den letzteren waren der 2., 4., 6. und 8. wieder normal; während der andern wurde auf beide Unterarme je ein Gewicht von 4 kg aufgelegt.

Wenn wir das Übereinandergreifen durch das Plus- und das Gegenteil durch das Minuszeichen darstellen, so waren die Ergebnisse $-3+24$, -3, $+7$, -2, $+12$, -7. Die Bestätigung meiner eigenen Beobachtung läßt nichts zu wünschen übrig.

Der nächste Beobachter Kr. wurde zuerst fünfmal normalerweise geprüft, und zeigte dabei Übergriffe von 67, 73, 58, 38 und 51 mm. Dann wurde er unter Anwendung der Gewichte geprüft, worauf die Übergriffe bis auf 7, 24, 21 und 18 mm herabsanken[1]).

Bei U. dagegen und auch bei mir bewirkten diese aufgelegten Gewichte nicht die mindeste Änderung im Grade der Täuschung[2]).

---

[1]) Da alle fünf Versuche mit Gewichten kleiner ausfallen als alle fünf ohne Gewichte, so ist die Gefahr eines Zufalls erster Ordnung (S. 26) nur $\frac{1}{7^5} = \frac{1}{14707}$, ist also noch viel weniger zu fürchten als bei M. Da aber die Versuche bei Kr. nicht abwechselnd stattfanden, so ist die Gefahr eines Zufalls höherer Ordnung (»systematisch variabeln« Fehlers) noch vorhanden, und die wirkliche Beweiskraft ist viel geringer als in den Versuchen mit M.

[2]) Trotzdem, daß die Täuschung bei mir immer noch verschwindet, sobald ich die Streichhölzer durch die Bücher ersetze.

Die Versuche, die U. und ich vornahmen, waren ebenso entscheidend im negativen, wie bei M. und Kr. im positiven Sinne. Also handelt es sich gewiß nicht um Zufälligkeiten, aber immerhin um Ursachen, die nicht ohne weiteres zutage treten.

4. Einfluß der Beobachtungsweise (besonders der Verteilung der Aufmerksamkeit).

In dieser (22.) Gruppe traf man endlich die Täuschung in ihrem empfindlichsten Punkte. Für mich wenigstens, der ich in den täglichen Erfahrungen der letzten zwölf Monate diese Täuschung die ganze Experimentierstunde hindurch immer so ruhig und standhaft gefunden hatte, war es eine große Überraschung, als sie jetzt plötzlich bei den scheinbar harmlosesten Anlässen die gewaltigsten Sprünge vollzog. Doch auch jetzt sind diese Sprünge niemals aus der im Unterschätzungsgesetz vorgeschriebenen Bahn abgewichen; es haben diese Unterschätzungen vielmehr nur enorm und plötzlich ab- und zugenommen.

Die Methode war wieder Tastlokalisation; aber jetzt ging der Beobachter mit seinem Stift (wie auf S. 34 beschrieben) mehrmals über die scheinbare Stelle zu weit hinaus und dann zu weit zurück, bis er die mittlere Stelle maximaler Übereinstimmung festgestellt hatte; durch diese Stelle ging er dann noch mehrmals in derselben Weise hin und her, aber in einer zur vorigen senkrechten Richtung; die jetzt festgestellte mittlere Stelle maximaler Übereinstimmung wurde als die endgültige Lokalisation registriert. Durch dieses Verfahren glaubte ich zu erreichen, daß der Einfluß der ursprünglichen Ausgangsrichtung eliminiert würde, und daß es nicht mehr nötig wäre, sukzessiv von allen vier Richtungen auszugehen, wie es von der 2. bis zur 19. Versuchsgruppe geschah[1]).

Die ersten Versuche haben an mir selbst stattgefunden. Als Stift gebrauchte ich eine Füllfeder, wodurch ich allemal die scheinbare Reizstelle mit einem Punkte markieren, und nachher mit der wirklichen Stelle vergleichen konnte. Der konstante Fehler hatte eine Größe von 64 (± 5 mm). Dann wiederholte ich die Versuche mit

[1]) Mit dieser Änderung im Verfahren wird natürlich der variable Fehler viel kleiner.

ganz demselben äußeren Verhalten, aber mit der psychischen Änderung, daß ich jetzt den Tastempfindungen in den Händen möglichst wenig Aufmerksamkeit schenkte, daß ich alle Spannungen möglichst schwinden ließ und mich dem Gefühl des »dolce far niente« hingab. Zu meinem eigenen Erstaunen war der konstante Fehler jetzt bis auf 13 (± 3 mm) zusammengeschrumpft.

Ich wiederholte das ganze Experiment und machte diesmal die Augen erst dann auf, wenn ich die beiden verschiedenartigen Versuche, mit konzentrierter bzw. erschlaffter Aufmerksamkeit, durchgeführt hatte; die ersten markierte ich mit der Füllfeder, die letzteren mit einem Bleistift. Subjektiv meinte ich jetzt zu einem dem früheren Resultat entgegengesetzten gekommen zu sein und mit dem Bleistift wie mit der Füllfeder dieselbe Stelle markiert zu haben. Aber als ich die Augen öffnete, da lagen wieder alle Tintenpunkte um ein 67 mm von der Reizstelle abliegendes Zentrum herum, während die Bleipunkte eine andere Gruppe ausmachten, deren Zentrum nur 12 mm von der Reizstelle entfernt war (in beiden Fällen war die Richtung des Fehlers normal). In einer neuen Versuchsreihe ließ ich nicht wie oben die Aufmerksamkeit überhaupt schlaff werden, sondern lenkte sie nur von den Tastempfindungen ab, indem ich Kopfrechnungen ausführte; aber dann blieb auch die Verminderung der Täuschung aus; die Messungen ergaben nämlich 62 bzw. 57 (± 3) mm. Hierauf ließ ich die Aufmerksamkeit völlig erschlaffen, und dann sank der Fehler sofort bis auf 25 mm herab. Schließlich wandte ich die Aufmerksamkeit nicht den Tastempfindungen der gereizten und suchenden Hände, sondern den Spannungsempfindungen der Arme zu; der Fehler ging bis auf 52 mm zurück.

Jetzt war es offenbar Zeit, diese merkwürdigen Ergebnisse durch das unwissentliche Verfahren bei andern Beobachtern, die also unmöglich irgendwie suggestiv beeinflußt sein konnten, nachzuprüfen. Zu diesem Zwecke bot mir zuerst Wi. freundlichst seine Dienste. Mit auf die Hände konzentrierter Aufmerksamkeit war der Fehler 65 (± 4) mm. Dann gab er sich seiner ungezwungenen Phantasie hin; aber der Fehler blieb 68 (± 5) mm. Schließlich bat ich ihn, den Ort des Reizes möglichst sorglos und natürlich anzuzeigen; jetzt schrumpfte der Fehler auf 25 (± 4) mm zusammen.

Dann konnte in ähnlicher Weise mit U. experimentiert werden, der

sich schon mehrmals als besonders frei von systematisch variabeln Fehlern gezeigt hatte (Fig. 8 stellt 72 sukzessive Lokalisationen von ihm dar, wobei die letzten 24 von großen unregelmäßigen Bewegungen des gereizten Armes unterbrochen wurden; ebenso regelmäßig verliefen seine Lokalisationen nachher wieder durch die ganze Stunde der 16. Versuchsgruppe hindurch). Wenn er jetzt die Aufmerksamkeit auf die Tastempfindungen der Hände konzentrierte, betrug die Täuschung 101 (± 3) mm. Dann ließ er die Aufmerksamkeit erschlaffen und versuchte »an nichts zu denken«; der Fehler ging auf 56 (± 3) mm herunter. Dann bat ich ihn, wieder auf den Reiz und den Stift aufmerksam, aber jetzt in »objektiver« Weise, zu achten; er sollte sich nicht um die Tastempfindungen als solche kümmern, sondern sich möglichst »intensiv« die konkreten Objekte, die reizende Spitze und den suchenden Stift, vorstellen; dabei sank der Fehler noch weiter bis auf 40 (± 4) mm. Um entscheidende Kontrollversuche vorzunehmen, sagte ich ihm, er sollte jetzt (wie zu Anfang) auf die Tastempfindungen der Hände achten; hierauf schien er äußerlich nur die vorhergehenden Versuche unverändert fortzusetzen, aber die innere Wandlung war so wirksam, daß der Fehler von 40 bis zu 115 (± 7) mm zurückschnellte!

Diese Wandlung zwischen subjektivem und objektivem Verhalten habe ich dann an mir selbst probiert; im ersten Falle war der Fehler 51 (± 3), im zweiten 5 (± 3) mm. Die psychische Änderung dabei war nicht leicht völlig zu analysieren; auffallend genug war der Übergang von der lebhaften, räumlich diffusen taktilen zur verblaßten, räumlich scharf definierten visuellen Vorstellung; damit aber war die Änderung keineswegs erschöpft. Ich versuchte dann — und fand es möglich —, die Spitze und den Stift zwar wieder visuell, aber ohne die subtileren, meinem Begriffe des »objektiven« Verhaltens entsprechenden Merkmale vorzustellen; darauf sprang der Fehler bis auf 40 (± 3) mm zurück.

Schließlich ist von Kr. eine Serie Lokalisationen ausgeführt worden, wobei er mannigfache Änderungen der Betrachtungsweise durchmachte. Die vorbereitenden Versuche mußten ungewöhnlich ausgedehnt werden; erst dann schien die Tendenz stabil geworden zu sein, als 14 Lokalisationen gemacht worden waren und die Täuschung sich allmählich bis zu der ungewöhnlichen Größe von 153 (± 3) mm

entwickelt hatte. Während dieser Versuche hatte Kr. seine Aufmerksamkeit auf die Tastempfindungen konzentriert. Zunächst sollte er »objektiv« lokalisieren; seine dabei entstehende Vorstellung schien, nach seiner Beschreibung, der meinigen sehr ähnlich gewesen zu sein; aber diesmal blieb jede merkliche Wirkung auf die Lokalisationen aus. Dann bat ich ihn, seinen Vorstellungsverlauf ganz natürlich zu gestalten; aber er sagte, daß dies ihm nur unvollständig gelingen wollte; im Ergebnis blieb der Fehler wieder ungeändert. Hierauf wurde er gebeten, jede Art Spannung aus seinem psychischen Zustande zu entfernen und sich möglichst in das Gefühl des »dolce far niente« einzuspinnen; diese Ermahnung, obwohl sie die Spannungsempfindungen und Gefühle nicht vollständig zu bannen vermochte, hatte ihn doch dem natürlichen, ungezwungenen Seelenzustande etwas näher gebracht; aber wiederum ging der konstante Fehler nicht von der früheren Stelle ab. Zum Schluß gab ich ihm die Freiheit, nicht nur seinen Gedankengang, sondern auch sein äußeres Lokalisationsverfahren ganz natürlich und ungezwungen verlaufen zu lassen; dabei bestand der einzige sichtbare Unterschied darin, daß er jetzt mit dem Stifte in Kreisen statt in geraden Linien hin und her suchte; aber er erklärte, daß zugleich mit dieser äußeren Freiheit auch endlich der innere Vorgang recht ungezwungen wurde; diesen beschrieb er jetzt als »gefühlsartig, ohne Analyse«; und jetzt ging der Fehler von 154 mm mit einem Sprung bis auf 69 (± 4) mm herunter. Die ganze allmähliche Entwicklung dieser enormen Täuschung, und ebenso ihr schließlicher Zusammensturz, beschränkte sich durchweg auf eine Hin- und Herbewegung in der durch Fig. 7 und 8 angedeuteten kreisbogenartigen Bahn.

In dieser ganzen Versuchsgruppe also hat die Täuschung eine außerordentliche Empfindlichkeit, besonders im Kontrast zu ihrem früheren sehr standhaften Verhalten, zutage gelegt. Für jeden Beobachter allein betrachtet, zeigen diese Beeinflussungen den denkbar regelmäßigsten Verlauf. Zwischen verschiedenen Beobachtern findet man zwar hier und da Widersprüche, nicht nur bei solchen vieldeutigen Anweisungen wie »objektiv vorzustellen«, sondern auch bei dem eindeutigen physikalischen Eingriff mit den Gewichten; im ganzen jedoch ist schon beim ersten Blick eine weitgehende allgemeine Analogie der Erscheinungen nicht zu verkennen; der Versuch einer

näheren Erklärung kann erst im folgenden V. Teil dieses Aufsatzes vorgenommen werden.

Einen Nebenpunkt können wir jedoch gleich jetzt erledigen. Wie wir gesehen haben, hat gerade die Konzentrierung der Aufmerksamkeit immer die gröbste Täuschung hervorgebracht; dabei aber hat sie im Gegenteil die subjektive Sicherheit jedesmal erhöht. Hat sich nun die erste schädliche, oder die zweite fördernde Wirkung auf die Lokalisationsfeinheit erstreckt? Die Antwort spricht folgende Tabelle aus:

Tabelle VI.

Beobachter	Konstanter Fehler		Variabler Fehler	
	Konzentration	Erschlaffung	Konzentration	Erschlaffung
S.	68	19	12	10
Wi.	66	25	10	9
Kr.	154	69	8	8
U.	106	64	13	11
Durchschnitt	96	44	11	10

Also scheint auch die Lokalisationsfeinheit eher einen Nachteil als einen Vorteil von der konzentrierten Aufmerksamkeit zu haben. Doch ist der Unterschied (durchschnittlich 1 mm) nicht nur äußerst gering im Vergleich mit dem der Täuschungen, sondern auch, zunächst wenigstens, überhaupt nur als zufällig zu betrachten, da schon der bloße wahrscheinliche Unterschied 1,4 mm beträgt ($n = 106$).

5. Die Lokalisation der Blinden.

Die 23. und letzte Versuchsgruppe bezog sich auf Beobachter, welche von Geburt an total blind gewesen waren[1]). Das Verfahren war dem mit den Sehenden ganz gleich, nur brauchte man weniger Vorsichtsmaßregeln, um vollständig unwissentlich verfahren zu können. Der Arm des Beobachters wurde auf einen Tisch in der in Fig. 8 gezeigten Stellung gelegt; darüber kam ein Apparat wie in Fig. 17, nur viel größer und mit vier Füßen ausgestattet; dann wurde die Spitze durch einen kleinen Druck auf den Draht in Berührung mit

[1]) Die Möglichkeit der Ausführung verdankte ich der großen Liebenswürdigkeit des Herrn Dr. Krause, des Direktors der Bienerschen Blindenanstalt zu Leipzig.

dem Handrücken des Beobachters gebracht. Alle Beobachter machten 16 Einzellokalisationen, von denen aber, wie gewöhnlich, die ersten 8 als vorbereitend betrachtet wurden.

Die Ergebnisse zeigten ausnahmslos eine Täuschung in genau derselben Richtung wie bei den Sehenden, nur meistens von viel kleinerem Umfang. Auch waren die variabeln Fehler merklich kleiner.

Tabelle VII.

Beobachter	Geschlecht	Alter	Entwicklung d. takt. Sinnes, nach Urteil d. Direktors	Fehler (in mm)	
				konstant	variabel
M. W.	M	14	Sehr feiner Tastsinn. Intelligenz gut.	20	6
I. S.	W	29	Feiner Tastsinn. Arbeitet als Bürstenmacherin.	30	10
R. B.	W	15	Feiner Tastsinn. Intelligenz normal.	33	8
M. K.	W	28	Nur mittelmäßig beanlagt, sowohl geistig, wie in bezug auf die Feinheit des Tastsinnes.	59	15
K. W.	M	14	Tastsinn viel weniger entwickelt als bei den andern, wahrscheinlich weil sie noch nicht so lange i. d. Anstalt ist.	77	9

In vorstehender Tabelle sind die Beobachter in der von Herrn Dr. Krause angegebenen Ordnung der Entwicklung des Tastsinnes gereiht. Diese Ordnung entspricht, wie man sieht, genau der des konstanten, und einigermaßen der des variabeln Fehlers; numerisch sind diese Korrelationen durch 1,00 bzw. 0,39 dargestellt; da aber schon die wahrscheinliche Abweichung 0,29 beträgt [1]), so hat selbst die erstere Korrelation eine nur mäßige Beweiskraft.

[1]) Für die Rechnungsmethode der Ordnungskorrelation und der wahrscheinlichen Abweichung, siehe Anhang III; die Bravais-Pearsonsche Formel für die wahrscheinliche Abweichung — die hier hauptsächlich in Betracht kommt — ist auf solche kleine Serien selbst für die rohesten Berechnungen nicht anwendbar.

V. Teil. Erklärungsversuch.

1. Der negative Grund der artikularen Täuschung.

Im dritten Teile konnte das Unterschätzungsgesetz nur faktisch konstatiert werden; im vierten Teile dagegen ist es uns geglückt, verschiedene Bedingungen aufzufinden, von denen sich die Unterschätzung in hohem Grade abhängig zeigte; hierdurch erlangen wir ein reiches Material, welches uns endlich zu Erklärungsversuchen berechtigt und auffordert.

Aus der Zahl der sich zunächst darbietenden möglichen Gründe der Täuschung scheinen nur Bewegung oder Spannung oder eine Kombination von beiden ernstlich in Betracht zu kommen. Sehr zugunsten einer Bewegungshypothese spricht die unmittelbare Beobachtung, daß bei Blicklokalisation die Täuschung jedesmal sofort bis auf einen kleinen Bruchteil herabsinkt, wenn man das betreffende Glied bewegt (S. 74—75); auch bei Tastlokalisation mußten wir zu dem Schlusse kommen, daß die Täuschung sehr viel mehr vom ruhigen gereizten als vom bewegten suchenden Arm herrühre (S. 52). Man könnte sich danach vielleicht denken, daß die größeren Exkursionen des Gliedes sich durch größere Intensität der Gelenkerregungen oder, was noch wahrscheinlicher ist, der Spannungsempfindungen kennzeichnen; in der Ruhe schwäche sich dann diese Intensität ab, und dadurch werde die Exkursion unterschätzt. Speziell für eine Spannungshypothese spricht die Beobachtung, daß die Täuschung verschwinden kann, sobald man Spannungsempfindungen künstlich durch Gewichte hervorbringt (S. 83—84); selbst die Wirkungen des Schmerzes (S. 80 bis 83) lassen sich ohne großen Zwang den damit verbundenen Spannungsempfindungen und Gefühlen zuschreiben.

Aber all diesen Hypothesen wird durch zwei Momente entschieden widersprochen. Erstens sieht man, daß die Täuschung durch Bewegung zwar sehr vermindert, aber nie ganz aufgehoben wird; noch weniger schlägt sie jemals dadurch in die entgegengesetzte Richtung um. Zweitens sind noch manche andere ebenso einflußreiche Momente hervorgetreten, die weder durch Bewegung, noch durch Spannung, noch, wie ich finde, durch irgendeinen andern, allen gemeinsamen Bestandteil zu erklären sind. Wenn z. B. die Täuschung

dadurch beinahe verschwindet, daß man die Aufmerksamkeit erschlaffen läßt (S. 84—87), so ist keine neue Bewegung hinzugetreten, während die Spannungen sogar beträchtlich abgenommen haben. Wenn wir also nicht schon jetzt auf jede einheitliche Erklärung verzichten wollen — wozu wir noch keineswegs gedrängt sind —, so bleibt zunächst der Ausweg, daß wir statt eines positiven einen negativen Grund der Täuschung suchen.

Hier müssen wir ganz kurz das Wesen einer normalen Lokalisationstäuschung überhaupt kennzeichnen. Keineswegs sind wir imstande, wie sich der naive Mensch denkt, die Lage einer sensorischen Erregung durch unmittelbare absolute Erkenntnis wahrzunehmen; die Vorstellung des umgebenden Raumes auf der einen Seite und auf der andern das System der Tasterregungen, welches tatsächlich zur räumlichen Orientierung dient, sind weit davon entfernt, aus innerer Notwendigkeit miteinander verwoben zu sein; vielmehr weisen sie eigentlich grundverschiedene Charaktere auf; erst im Laufe eines vermutlich langen Entwicklungsprozesses haben diese Tastempfindungen sich der Raumvorstellung dadurch angepaßt, daß sie deren »schlechthiniger« Dreidimensionalität ihr künstlich zusammengeordnetes Polarkoordinatensystem entgegenbrachten. Wenn sich nun in diese allgemeine Anpassung irgendwelche Anomalien nicht ganz genau hineinfügen wollen, was muß geschehen? Solange die Diskrepanz unter selten vorkommenden und also praktisch unbedeutenden Bedingungen eintritt, wird sie wahrscheinlich fortbestehen, und eventuell als »Täuschung« zutage treten. Sobald aber die Diskrepanz das alltägliche Leben zu stören anfängt, wird ihr unausbleiblich durch einen zentralen kompensatorischen Vorstellungsfaktor abgeholfen werden.

Sowenig sich nun in der Tat alle die verschiedenen die Täuschung vergrößernden Versuchsbedingungen durch irgendein positives Merkmal vereinigen lassen, so stimmen sie darin völlig miteinander überein, daß sie allemal die weniger gewöhnlichen und natürlichen waren. Alle Beobachter sagten einhellig aus, daß die Ruhe während der Lokalisation viel weniger natürlich als die Bewegung wäre; nur eine einzige Ausnahme ist uns aufgestoßen, welche darin bestand, daß bei Lokalisationen auf dem Oberarm die Beobachter es natürlicher fanden, nur den andern suchenden Arm zu bewegen; und gerade hier, das einzige Mal während der gesamten Versuche, hat die Bewegung die Täuschung nicht herabgesetzt; eher hat sie dieselbe

sogar vergrößert (S. 76). Ebenso ist die subjektive Auffassungsweise der Wahrnehmung als psychischen Zustandes wenig natürlich im Gegensatze zur objektiven Auffassung des Gegebenen als eines objektiv Existierenden; und die Vorherrschaft der Tastelemente der Vorstellungen weniger natürlich als die der sehr verblaßten visuellen Elemente, oder dessen, was die Beobachter als »abstrakte Vorstellung« bezeichneten. Vor allem aber kommt in Betracht: die zu der experimentellen Lokalisation erforderte intensive Inanspruchnahme der Aufmerksamkeit, — die noch erhöht wird, wenn auch gleichzeitig einer Ablenkung derselben durch Schmerz gewehrt werden muß. Nicht nur widersprach die Richtung der Anfmerksamkeit den gewöhnlichen Lebensbedingungen, sondern ihre intensive Konzentrierung besitzt die ganz spezifische Eigenschaft, alle nicht direkt aufgefaßten Bewußtseinsfaktoren zu verdrängen. Einen zentralen kompensatorischen Vorstellungsfaktor wird aber die Aufmerksamkeit schwerlich für sich auffassen können; sie wird daher (wenn nicht andere Bedingungen dem entgegenwirken) ihn zu verdrängen streben; dadurch wird aber die ursprüngliche Anomalie wieder entfesselt, und die artikulare Täuschung ins Leben gerufen.

2. Die Verdrängung durch die Aufmerksamkeit.

Die positive Begründung einer täuschenden ursprünglichen Anomalie, wie sie hier verlangt wird, muß auf Abschnitt 3 verschoben werden, da es ratsamer scheint, jetzt gleich unsere Besprechung des Problems der Verdrängung durch die Aufmerksamkeit zu erledigen.

Seit Menschengedenken wird man wohl gelegentlich bemerkt haben, daß das Hervorheben eines Bestandteils des Bewußtseins zum Zurückdrängen eines andern Bestandteiles führen kann. Und schon Mitte des 18. Jahrhunderts hat Charles de Bonnet[1]) sogar auf experimentellem Wege nachweisen wollen, daß die Aufmerksamkeit einen bestimmten meßbaren Umfang besitze. Die neuere streng wissenschaftliche Schule der experimentellen Psychologie hat die in Frage stehenden Erscheinungen mit wirksameren methodischen Hilfsmitteln bearbeitet[2]); und seitdem treten die Gesetzmäßigkeiten der Aufmerk-

[1]) Essai de Psychologie, Kap. 38, S. 132.

[2]) Vgl. Dietze, Phil. Stud., Bd. 2; Cattell, Phil. Stud., Bd. 3, und die sehr eingehende Erörterung von Wirth, Phil. Stud., Bd. 20, S. 487.

samkeitsfunktion immer deutlicher in ihrer universalen Wichtigkeit hervor[1]). Darin nun, daß die Aufmerksamkeit alle die Bewußtseinsfaktoren verdrängt, die nicht direkt von ihr aufgefaßt werden, scheint mir nicht nur die negative Erklärung des Unterschätzungsgesetzes, sondern auch die positive Erklärung der erstaunlichen scheinbaren Verkleinerung der Körperglieder zu liegen (wie sie auf S. 63 beschrieben ist, vgl. Fig. 15 und 16); denn auch diese Erscheinung vermochte nur dann einzutreten, wenn man die Aufmerksamkeit stark auf die Reizempfindung konzentrierte. Und auch sonst sind die Phänomene hier und bei der Verdrängung des kompensatorischen artikularen Faktors, so verschieden sie auch äußerlich erscheinen mögen, doch innerlich vollkommen analog; denn die scheinbare Länge eines Gliedes ist (wie wir sahen, S. 16—17) weiter nichts als eine der Teilbestimmungen, welche in die Lokalisation konstituierend eingehen, während der obige kompensatorische Faktor nur eine andere Teilbestimmung ist, die nachträglich hinzukommt. Wenn die letztere sich überall mit der größten Leichtigkeit verdrängen läßt, so darf man sich nicht wundern, daß zuweilen bei besonders zwingendem Anlaß auch die erstere weichen muß.

Wir müssen uns nun daran erinnern, daß diese Verkleinerung keineswegs etwas völlig Neues darbietet; schon längst ist eine sehr ähnliche Erscheinung als Folge chirurgischer Amputation bekannt; eine fehlende Hand z. B. vermag zuweilen immer noch durch eine taktile Vorstellung vorgetäuscht zu werden, aber dabei kann diese ganz nahe an der Schulter erscheinen[2]). Die herkömmliche, von Guéniot aufgestellte Erklärung basiert auf dem Mangel an Empfindungen zwischen der Hand und der Schulter; und diese Erklärung läßt sich scheinbar auch auf unseren experimentellen Fall

[1]) Die speziell nachteilige Wirkung konzentrierter Aufmerksamkeit ist mehrfach besonders hervorgehoben worden; vgl. Jastrow, American J. Psych., 4, 1892, S. 219; Drew, ebenda, 1895, S. 533; Hamblin, ebenda, 8, 1896, S. 3; Angell und Harwood, ebenda, 11, 1899, S. 67; Lewy, Zeitschr. f. Psychologie, 8, 1895, S. 259; Raymond und Janet, Névroses et Idées fixes, 1895, 1, S. 94—105; Krueger, Phil. Stud., 16, 1900, S. 596—97; Külpe, Bericht ü. d. I. Kongreß f. exp. Psych., S. 61.

[2]) Vgl. Guéniot, Journal d. Physiologie de l'Homme et des Animaux. Bd. 4, 1861, S. 416 ff.; Weir Mitschell, Injuries of Nerves and their consequences, 1874; Pitres, Annales médicopsychologiques, 1897, S. 5 und 177.

übertragen, wo Arm und Hand vollkommen gesund sind, denn obwohl hier die Zwischenempfindungen nicht geschädigt sind, so könnte man doch denken, daß eben diese es sind, welche durch die Aufmerksamkeit auf die anderweitigen Reizempfindungen momentan verdrängt werden. Nach dieser Erklärung wären dann unsere segmentalen Teilbestimmungen nichts als die zwischen den Gelenken liegenden Hautempfindungen. Obwohl aber zwischen beiden ein entwicklungsgeschichtlicher Zusammenhang unzweifelhaft bestanden hat, so scheint doch deren gegenwärtige Identifizierung im Widerspruche mit den Tatsachen zu sein; denn wir haben schon früher gefunden, daß die Lokalzeichen der Hautempfindungen durch pathologische Vorgänge aufgehoben werden können, ohne daß darunter die Lokalisationsfähigkeit merklich leidet; ferner lehrte in unserm experimentellen Falle die Selbstbeobachtung, daß die Zwischenempfindungen tatsächlich nicht verdrängt wurden; und schließlich hat Volkmann[1]) längst nachgewiesen, daß der Ausfall der Empfindungen am blinden Fleck der Retina doch keine Verkleinerung der vorgestellten Ausdehnung hervorbringt[2]). Deshalb muß ich die auf S. 17 (und bei früheren Gelegenheiten) geäußerte Meinung noch festhalten, daß die Länge eines Gliedes und andere solche segmentale Teilbestimmungen der Lokalisation heutzutage nicht mehr auf unmittelbaren peripheren Erfahrungen, sondern vielmehr auf zentralen Einregistrierungen beruhen. Sowenig die Guéniotsche Hypothese unseren Beobachtungen entspricht, so wenig ist sie mit genaueren Beobachtungen selbst der Amputationserscheinungen zu vereinigen; denn während hier die Zwischenempfindungen dauernd ausgeschaltet bleiben, kann die scheinbare Entfernung der (wirklich verlorenen) Hand ab- und zunehmen und zuweilen einer ganz normalen Lokalisation Platz machen; und Pitres hat gezeigt, daß auch ein elektrischer Strom, der durch den Amputationsstumpf geht, die normale scheinbare Ausdehnung wiederherzustellen imstande ist. Mit unsern Auseinandersetzungen dagegen sind diese Amputationserscheinungen im besten Einklange; denn wir sahen, daß bei jeder Wiederholung der Blicklokalisation die Täuschungen weniger wirksam werden; und wenn in dieser Weise

[1]) Physiolog. Untersuchungen, 1835, Sec. 3.

[2]) Die entgegengesetzte Angabe von Wittich entbehrt aller Begründung; Arch. f. Ophthalmologie, 9 (3), S. 9.

die Teilbestimmungen sich durch Übung befestigen lassen, so werden sie umgekehrt nach Amputation sich ebensosehr durch den gänzlichen Fortfall der Übung abzuschwächen geneigt sein; auch ist es wohl verständlich, daß sie unter dem starken elektrischen Reiz momentan wieder aufflackern können.

Beide Arten der Verdrängung durch die Aufmerksamkeit, sowohl die segmentale wie auch die artikulare, bieten das (wie ich glaube) neue und merkwürdige Phänomen, daß sie keine einfache Verdunkelung oder unregelmäßige Störung, sondern ganz bestimmte, positive und sehr lehrreiche Umgestaltungen hervorbringen. Die Vorstellung der Lage eines Tastreizes von mittlerer Intensität, wenn man die Lage an sich betrachtet und von allen begleitenden Erscheinungen abstrahiert, ist eins der homogensten und einfachsten Bewußtseinselemente, die man überhaupt besitzt. Unbegreiflich wäre es dann, daß in der Lagevorstellung speziell ein Stück der Entfernung vom Gelenke, bzw. von der häufigsten Gliedstellung, ausfallen sollte, wenn man nicht bedenkt, daß die Lagevorstellung sich gerade aus solchen Teilbestimmungen ursprünglich zusammengesetzt und integriert haben muß (vgl. S. 16—17).

3. Der positive Grund aller Lokalisationstäuschungen.

Wir kommen jetzt auf das Unterschätzungsgesetz zurück. Die verschiedenen Momente, welche nach Teil V die Täuschung zu vergrößern vermögen, haben sich als geeignet gezeigt, keinesfalls eine Täuschung positiv zu schaffen, sondern nur den sonst unausbleiblichen kompensatorischen Faktor zu verdrängen und dadurch irgendeine schon latent vorhandene Täuschung ins Leben zu rufen. Diese als beeinflussend entdeckten Momente können uns daher nicht weiter helfen, aber auch nicht weiter binden; ohne jede Rücksicht auf sie können wir jetzt ganz frei auf eigenen Pfaden nach der positiv täuschenden Anomalie suchen.

Vor allem kann man nunmehr das »zentripetale Gesetz« (S. 41) mit dem »Unterschätzungsgesetz« in Beziehung bringen, da ja alle beide die Tendenz aufweisen, neu auftretende Lagewahrnehmungen gegen die Mitte der vorangegangenen hin zu lokalisieren. Der Hauptunterschied liegt darin, daß das erste Gesetz segmentale, das zweite dagegen artikulare Teilbestimmungen betrifft; aber wir haben schon

gesehen, daß diese zwei Grundfaktoren doch ursprünglich[1]) einander äquivalent gewesen sein müssen; nur um der Dreidimensionalität der Raumvorstellung zu entsprechen, haben sich die Tastempfindungen in der Haut, bzw. den Gelenken, zu den zwei Arten von Polarkoordinaten ausgebildet.

Der zweite, aus dem ersten abgeleitete Unterschied liegt darin, daß die segmentalen Bestimmungen sich auf deutliche Hautempfindungen gründen, welche dann feste Unterlagen für die Kompensationsfaktoren liefern dürften, während die artikularen Bestimmungen dagegen nicht im Bewußtsein aufzufinden sind (S. 17) und also den Kompensationsfaktoren keine festen Anhaltspunkte darzubieten vermögen. Dementsprechend haben wir auch tatsächlich beobachtet, daß ohne besondere Veranlassung keine segmentalen Täuschungen auftreten; im allgemeinen haben sie sich schon längst gründlich korrigiert, und jetzt sind sie nur durch zahlreiche neue, speziell dazu geeignete Lokalisationsversuche zu erzeugen; während die artikularen Täuschungen immer noch von allen früheren Lebenserfahrungen her latent fortdauern und beim kleinsten Anlaß wieder zum Vorschein kommen. Dann aber dürfen wir auch umgekehrt erwarten, daß die greifbaren, sinnlicheren, segmentalen Bestimmungen, wenn sie schließlich einmal als täuschend hervorgetreten sind, sich ebenso schwer wieder korrigieren lassen; und auch dies haben wir tatsächlich konstatiert (S. 40). Im Grunde also sind das zentripetale Gesetz und das Unterschätzungsgesetz nur natürliche entwicklungsgeschichtliche Modifikationen eines und desselben Phänomens.

Jetzt wollen wir versuchen, dieses Phänomen mit den auf S. 23 angeführten Ergebnissen der früheren Forscher in Beziehung zu bringen. Von diesen hat sich die von Henri beobachtete Tendenz, den Arm zu niedrig vorzustellen, schon sofort dem Unterschätzungsgesetz subsumiert (S. 73). Und demselben Gesetz subsumiert sich ebenso leicht die von Henri bei der Blicklokalisation beobachtete Tendenz, die Richtung nach dem Körper zu zu bevorzugen; denn seine Beobachter sollten die vermeintliche Reizstelle »vertikal fixieren«; dies ist aber nur mittels einer sehr starken

[1]) d. h. ursprünglich in bezug auf die Entstehung der Lokalisationsfähigkeit in einem gegliederten Körper, keineswegs in bezug auf die Entstehung der Raumvorstellung überhaupt.

Beugung des Kopfgelenkes möglich, und eine Unterschätzung dieser Beugung muß offenbar die scheinbare Reizstelle zu nahe an den Körper verlegen. Das dritte Ergebnis war die Beobachtung von Kramer und Moskiewicz, daß der eine Arm, wenn er zum andern symmetrisch gestellt werden sollte, immer zu einer bequemeren Stellung neigte. Aber man konstatiert die scheinbare Stellung eines Armes ebensowohl dadurch, daß man sie mit dem andern Arm nachahmt (wie K. und M. tun), als auch dadurch, daß man direkt auf den scheinbaren Ort hinzeigt (wie wir es getan haben); nur im ersten Falle müssen die Täuschungen der zwei Arme einander entgegenwirken, im zweiten Falle sich jedoch annähernd summieren; dieser Unterschied aber fällt wenig ins Gesicht, da wir gesehen haben, daß die Täuschung des suchenden Armes verhältnismäßig sehr gering ist (S. 52). Eigentlich also lautet das Ergebnis von Kramer und Moskiewicz dahin, daß die scheinbare Stellung von der wirklichen Stellung immer nach einer mittleren Lage zu abweicht; es ist genau wieder unsere Unterschätzungserscheinung. Endlich kommen wir zur Mitteilung von Pearce, daß die Lokalisation eines Reizes von einem gleichzeitigen Nebenreiz sozusagen angezogen wird. Aber diese Gleichzeitigkeit läßt sich sehr wohl als wiederholte rasche Aufeinanderfolge auffassen; dann unterscheidet sich die Pearcesche Attraktion von unserem Zentripetalismus nur durch eine kleinere zeitliche Präzedenz des beeinflussenden Reizes; dieses Zeitintervall dürfte überhaupt nur eine Nebensache sein, da es schon bei unsern Versuchen von einer Minute bis zu einer Stunde und in den artikularen Täuschungen bis zu noch weit größeren Zeiträumen variieren konnte, ohne die Täuschung aufzuheben; also ist das Ergebnis von Pearce dem unsrigen ganz analog.

Auch von Sachs und Müller[1]) erfuhren wir neulich, daß, wenn der Kopf oder der Körper um die sagittale Achse geneigt wird, diese Neigung immer unterschätzt wird; solche Unterschätzung — von den Verfassern als »eine Anpassung an die abnorme Körperstellung« erklärt — ist doch, wie wir gesehen haben, keineswegs auf Körperstellungen beschränkt, die sich als abnorm bezeichnen lassen. Ferner wurde uns vor einigen Wochen von Bárány[2]) folgendes mitgeteilt:

[1]) Zeitschrift f. Psychologie, Bd. 31, 1893, S. 89—109.

[2]) Zeitschrift f. Psychologie, Bd. 38, 1895, S. 34—50.

Auf der Stirne des Beobachters wurden, mittels eines um eine horizontale Achse drehbaren Apparates, Striche gezogen; der Beobachter hatte die Aufgabe, zu beurteilen, ob das untere Ende des Striches senkrecht, rechts, oder links zielte. Wenn der Experimentator z. B., mit links geneigten Strichen beginnend, die Striche sich strahlenförmig aneinanderreihen ließ, so daß sie an Linksneigung allmählich abnahmen, dann senkrecht und schließlich rechts geneigt wurden, so machte der Beobachter zunächst L.-Angaben, um dann an einer Stelle 1—2 V.-Angaben zu machen, an die sich dann R.-Angaben anschlossen; ging er nun denselben Weg zurück, so traten natürlich zuerst R.-Angaben auf, dann folgten wieder 1—2 V.-Angaben und dann L.-Angaben; aber an der Stelle, wo auf dem ersten Hinwege V.-Angaben gemacht wurden, fanden sich nun fast immer R.-Angaben, und die V.-Angaben des Rückweges lagen über den L.-Angaben des ersten Hinweges. Vom Verfasser wird diese Erscheinung dadurch erklärt, daß die Aufmerksamkeit des Beobachters gewöhnlich »auf das an den aufeinander folgenden Empfindungen Gleichbleibende gerichtet ist«; bei den wenigen Ausnahmen dagegen soll die Aufmerksamkeit »auf das an den Empfindungen sich Ändernde gerichtet« worden sein. Da nun der Verfasser offen zugibt, daß weder er noch seine Beobachter die geringste Spur von solchen Änderungen der Aufmerksamkeitsrichtung subjektiv zu bemerken vermochten, und da die Erscheinung sich ohne weiteres unserer »segmentalen Täuschung« (S. 41) subsumiert, so dürfte wohl die letztere Erklärung den Vorzug haben. Auf diese Weise stellt sich schließlich heraus, daß alle früheren Ergebnisse mit den unsrigen und ebenfalls, sowenig man es auch erkannt haben mag, miteinander identisch sind; sämtliche bisher beobachteten Lokalisationstäuschungen, äußerlich von bunter Verschiedenheit, bieten innerlich nur ein einziges Phänomen dar[1]).

Es fragt sich nun, ob dieses Phänomen sich nicht auch in anders gearteten räumlichen Erscheinungen bemerkbar machen dürfte. In der Tat haben wir schon gesehen, daß es von Pearce auch bei visuellen und akustischen Orientierungen konstatiert werden konnte. Und

[1]) Mit Ausnahme der auf S. 63 beschriebenen scheinbaren Verkleinerung des Armes.

schon im Jahre 1862 teilt Wundt[1]) nicht nur das Phänomen, sondern auch die einzige annehmbare Erklärung mit: »Als ein weiterer bemerkenswerter Umstand gehört hierher, daß ein unmittelbar vorangegangener Eindruck auf den ihm nachfolgenden von Einfluß ist. So z. B. wird immer, wenn man auf einen Eindruck mit weiterer Zirkelöffnung einen solchen mit engerer Zirkelöffnung folgen läßt, die letztere Entfernung größer geschätzt als unter gewöhnlichen Verhältnissen; und das Entgegengesetzte findet statt, wenn umgekehrt der engeren die weitere Zirkelöffnung nachfolgt; hier wird die größere Entfernung kleiner geschätzt als gewöhnlich. Jede vorangegangene Vorstellung strebt also die ihr unmittelbar nachfolgende in ihrem Sinne zu ändern.«

In einer wesensähnlichen Bedeutung hat später auch Müller-Lyer[2]) den Kontrasttäuschungen seine »Konflexionstäuschungen« entgegengesetzt und mit einem vortrefflichen Beispiel belegen können[3]). Derselbe Gedanke taucht auch in den von T. Lipps[4]) behaupteten »Ausgleichungstendenzen« auf. Noch distinkter wird das Phänomen unter dem Ausdruck »assoziative Angleichung« von Wundt[5]) wieder dargestellt, und mit einem neuen überzeugenden Beispiel bekräftigt. Und nichts als diese »Angleichung« (wie wir es weiterhin nennen wollen) scheint den gemeinsamen mehr oder weniger deutlichen Kern für die mannigfachen Erklärungen der speziell als »Müller-Lyersche« gekannten Täuschung zu bilden; eigentlich bleibt nur noch zu entscheiden, ob sich nun die Angleichung auf Retina-, Augenmuskel- oder Gefühlsmotive bezieht. Von demselben Standpunkt aus lassen sich, meiner Meinung nach, auch noch viele andere selbst unter den bestrittensten

[1]) Beiträge zur Theorie der Sinneswahrnehmungen, S. 43. Die Hervorhebungen im Druck sind von mir eingeführt.

[2]) Arch. f. Anatomie und Physologie, physiol. Abt., Suppl. 1889, S. 265.

[3]) Er zeigte, daß eine Linie, die zwischen zwei andern zu ihr parallelen liegt, größer oder kleiner erscheint, je nachdem die letzteren größer oder kleiner als die erstere sind.

[4]) Zeitschr. f. Psych., Bd. 12, 1896, S. 51. Unter anderen schreibt er: »Tritt zu einer einmal gegebenen Richtung eine andere hinzu, so erscheint die erstere im Sinne der letzteren abgelenkt«.

[5]) Abhandl. der sächs. Ges. d. Wiss., M.-P. Klasse Bd. 24, 1898, S. 138—141. Ein Segment erscheint größer oder kleiner, je nachdem es zwischen zwei größere oder zwei kleinere Segmente gestellt wird. Nur muß der Größenunterschied gering sein, sonst schlägt das Phänomen ins Gegenteil, den Kontrast, um.

Täuschungen am ungezwungensten erklären; darauf hoffe ich in einer späteren Arbeit zurückzukommen.

Aber auch mit dem ganzen Gebiet der Raumvorstellungen ist die Herrschaft der Angleichung keineswegs zu Ende: nicht minder scheint sie im Gebiet der Zeitvorstellungen zu dominieren. Schon Mach[1]) fand im Jahre 1865, daß zwei Zeitintervalle, auch wenn sie bei den ersten Versuchen deutlich verschieden waren, bei Wiederholungen sich doch allmählich annähern und schließlich ganz gleich erscheinen; diese Beobachtung ist später von Schumann[2]) bestätigt worden. Noch deutlicher tritt die Angleichung in einigen Versuchen von Nichols[3]) hervor; seine Beobachter sollten zuerst nach sechs Schlägen eines Zeitapparates und dann weiter ohne solche, aber in möglichst gleichen Intervallen, taktieren; es stellte sich heraus, daß diese Reproduktion des Taktmaßes auffallend beeinflußt wurde, wenn die Beobachter vor dem ganzen Versuch einige Schläge in einem andern Tempo gehört hatten; denn wenn diese früheren Schläge rascher oder langsamer als die im Versuche selbst gewesen waren, so zeigte die Reproduktion der letztern bald eine unwillkürliche Annäherung an das Tempo der ersteren.

Aber nicht nur in extensiven, sondern auch in qualitativen Erscheinungen spielt die Angleichung eine bedeutende Rolle. Im Gebiete der Farben z. B. hat sich wohl gelegentlich jeder Psycholog über die sinnliche Lebhaftigkeit gewundert, mit der sich der blinde Fleck seiner Umgebung angleicht. In ähnlicher Weise nimmt man eine große gleichgefärbte Fläche derart wahr, als ob der ganze physiologische Eindruck dem in der fovea centralis gleich wäre, was bekanntlich bei weitem nicht der Fall ist.

Analoge Fälle sind auch auf akustischem Gebiete nachgewiesen worden. Gelegentlich seiner Beobachtungen an Zweiklängen fand Krueger z. B. folgendes: Ungewöhnlich hohe Teiltöne werden gern zu tief, ungewöhnlich tiefe zu hoch geschätzt. Ferner werden ungewöhnliche Intervalle mit sinnlicher Lebhaftigkeit bekannten musikalischen Tongestalten angeähnelt; und zwar sind musikalisch geübte Beobachter hierzu mehr geneigt als unmusikalische, wie sie in ihrer

[1]) Berichte d. kais. Akad. zu Wien. M.-N. Klasse, Ab. 2.
[2]) Zeitschrift f. Psychologie, Bd. 4; 1893, S. 4.
[3]) American J. Psych., Bd. 6, 1894, S. 63—79.

ganzen akustischen Auffassung mehr als diese von erfahrungsmäßig erworbenen Einheiten und Formen beherrscht werden. In akustischen Komplexen endlich werden die Schwebungen, Rauhigkeit und ähnliche Merkmale, die tatsächlich an einem oder wenigen Teilen des simultanen Ganzen haften, in der Regel, und gerade von den geübteren Beobachtern, auch auf andere Teile des Komplexes oder des Klangganges übertragen. Diese Erscheinungen werden auch von Krueger als »Angleichungen« bezeichnet[1]).

Wenn wir jetzt davon absehen müssen, dasselbe Phänomen auch in den höheren Gebieten, sowohl auf der intellektuellen wie auch auf der gemütlichen Seite des Seelenlebens, weiter zu verfolgen, so geschieht dies nicht aus Mangel an Material, sondern wegen allzu großen Überflusses an solchem. Denn die Angleichung scheint mir ein ebenso allgemeiner und dabei vielleicht einheitlicher Vorgang wie ihr vielgenanntes Gegenstück, der Kontrast, zu sein. Bereits von Beneke[2]) ist, wenn auch in einer jetzt etwas befremdenden Terminologie, der Sachverhalt treffend genug geahnt worden: »Alle Entwicklungen unseres Seins sind in jedem Augenblicke unseres Lebens bestrebt, die in ihnen beweglich gegebenen Elemente gegeneinander auszugleichen«.

Heutzutage ist man viel tiefer in die Gesetze der »Assimilation« eingedrungen[3]); durch dieses Wort drückt man bekanntlich aus, daß nicht ganze früher erlebte Vorstellungen, sondern nur deren Elemente in spätere (mit den früheren assoziierte) Vorstellungen verlegt werden.

Den unter Assimilationen speziellen Fall der Angleichung möchte ich nun dahin präzisieren, daß hier die früheren reproduzierten und die späteren reproduzierenden Vorstellungselemente gleichartig (z. B. bei Lagenvorstellungen) sind; dann kann kein eigentlicher Zuwachs, sondern nur Anähnlichung stattfinden; die neue Vorstellung nähert sich der früheren an.

Physiologisch ist das Assimilationsphänomen so zu denken, daß jeder elementare Vorgang in den Nervenzentren eine erhöhte Disposition zur Wiederholung dieses Vorganges zurückläßt, und daß dabei

---

[1]) Phil. Stud. 16 (1900) S. 340, 604 ff.; 17 (1901) S. 241; auch Arch. f. d. ges. Psychol. 1 u. 2.

[2]) Lehrbuch d. Psychologie als Naturwissenschaft, 1845, S. 25.

[3]) Wundt, Physiologische Psychologie [5], 1903, Bd. 3, S. 528 ff.

diese Wiederholung die Tendenz hat, auch auf die andern damals begleitenden elementaren Vorgänge hinüberzugreifen. In einer Angleichung nun sind die reproduzierten und die neuen Elementarvorgänge derart miteinander verwandt, daß sie in ein einheitliches Resultat ausmünden; dann können die reproduzierten Vorgänge nicht mehr selbständig zur Geltung kommen, sondern nur eine Erleichterung des neuen Gesamtvorgangs nebst Verschiebung seines Schwerpunktes nach dem früheren Vorgange hin bewirken; in dieser Weise entsteht physiologisch — zwischen Übung und »Mitübung« mitteninne stehend — eine Ablenkung (die sich dann psychologisch als »Angleichung« darstellt)[1]).

VI. Teil. Hauptergebnisse.

1. Die räumlichen Orientierungen gliedern sich in drei Fundamentalklassen, die vielleicht am bequemsten als »Raum«-, »Orts«- und »Lagewahrnehmung« zu bezeichnen sind und die sukzessive Entwicklungsstufen darstellen. Die herkömmlichen Lokalisationsversuche, aus den ursprünglichen Arbeiten von Volkmann und Weber herübergenommen, beruhen auf komplexen Kombinationen dieser drei Klassen; deshalb sind sie mehrdeutig und unzweckmäßig. (Die folgenden Hauptergebnisse 2 bis 6 beziehen sich auf die reine Lagewahrnehmung.)

2. Jede Lagewahrnehmung gründet sich auf eine ganze Kette von Teilbestimmungen; einige davon dienen zur Orientierung innerhalb der zwischen den Gelenken liegenden Körpergebiete (sie sind von mir als »segmental« bezeichnet worden), die andern sind eine Funktion der Gelenkwinkel (und sind »artikular« genannt worden); sie alle wirken im Sinne eines Polarkoordinatensystems zusammen.

3. Die segmentalen Teilbestimmungen bewirken die Täuschung, daß mehrere auf verschiedenen Stellen eines Gliedes nacheinander

[1]) Im gegenwärtigen Aufsatz haben wir ausschließlich die Einheitlichkeit des Angleichungsphänomens betonen können. Seine Verschiedenheiten, z. B. die mögliche Trennung der psychologischen von den rein physiologischen Erscheinungen, mußten der weiteren Untersuchung überlassen werden.

vollzogene Lokalisationen die Tendenz haben, das gemeinsame Zentrum zu bevorzugen. (Der Kürze halber ist dieses regelmäßig auftretende Phänomen als das zentripetale Gesetz bezeichnet worden.)

4. Auch jede artikulare Teilbestimmung erzeugt eine Täuschung, und zwar derart, daß die Abweichung vom häufigsten Gelenkwinkel unterschätzt wird. Meistens ist diese allgemeine Täuschung durch einen zentralen kompensatorischen Vorstellungsfaktor mehr oder weniger vollständig ausgeglichen; letzterer aber wird durch Konzentration der Aufmerksamkeit verdrängt, und dann kann die Täuschung eine Größe von mehr als 15 cm (Mittelwert für eine Person) erlangen. (Dieses, wie es scheint, ausnahmlos vorkommende Phänomen ist als »Unterschätzungsgesetz« bezeichnet worden.)

5. Durch Konzentration der Aufmerksamkeit können nicht nur dieser kompensatorische Faktor, sondern auch einige der ursprünglich konstituierenden segmentalen Teilbestimmungen (vgl. Hauptergebnis 2) gehemmt werden; auf solche Weise kann das Glied eine scheinbare Verkürzung bis um 40 cm (Mittelwert für eine Person) erleiden, welche der bekannten nach Amputation entstehenden Verkleinerung vollkommen analog ist. Konzentration der Aufmerksamkeit hat die besonders leicht irreführende Wirkung, daß sie solche Vorstellungsfaktoren verdrängt, die nicht für sich auffaßbar sind.

6. Die Bewegung des Gliedes kann die Unterschätzungstäuschung sehr herabsetzen, sonst aber die Lokalisationsfeinheit nicht erhöhen.

7. Die zentripetale und die unterschätzende, sowie auch sämtliche andern bisher entdeckten Lokalisationstäuschungen sind im Grunde ein und derselbe Vorgang. Dieser stellt eine sehr wichtige und eigenartige Assoziationserscheinung dar, die man treffend als »Angleichung« bezeichnet hat; sie beherrscht nicht nur die Lokalisationsvorgänge, sondern auch das ganze Gebiet der Raum- sowie der Zeitvorstellungen; außer in die extensiven Erscheinungen greift sie auch in die qualitativen ein; selbst in den höchsten geistigen Tätigkeiten scheint sie nicht minder bedeutungsvoll als ihr vielgenanntes Gegenstück, der Kontrast, zu sein.

I. Anhang.

Ein »Brown-Séquardscher« Fall.

Die Ansichten, welche in der Einleitung entwickelt worden sind, stützen sich vielfach auf eine pathologische Untersuchung, die ich in der Leipziger Nervenklinik — dank der liebenswürdigen Erlaubnis des Direktors, Herrn Geheimrats Prof. R. Flechsig — ausgeführt habe. Um sehr lange Anmerkungen zu vermeiden, gebe ich die hier hauptsächlich in Betracht kommenden Momente an (der vollständige Bericht ist im British Journal of Psychology, Juni 1905, erschienen).

Der Patient S. wurde vor vielen Jahren in den Rücken gestochen, woselbst die abgebrochene Spitze der Waffe unbemerkt verblieb. Im Laufe der Zeit hat sich dann diese Spitze ein wenig verschoben, so daß sie schließlich einen Druck auf die linke Seite des Rückenmarks, in der Höhe des sechsten Brustwirbels, ausübte; daraufhin erkrankte S. mit den bei solchen halbseitigen Beschädigungen des Rückenmarks gewöhnlichen »Brown-Séquardschen« Symptomen: am linken Beine waren nämlich die motorischen Fähigkeiten, am rechten die Tastempfindungen stark beeinträchtigt. Es wurden dann ausgedehnte Versuche (3800 Einzelmessungen) von mir angestellt, um an verschiedenen Teilen seines Körpers die Schwelle für Tasteindrücke, die Lokalisationsfähigkeit und die Schwelle für Bewegungsempfindungen festzustellen.

Es ergab sich, daß die Lagewahrnehmung vom linken Knie nach unten zu so gut wie vernichtet war, während sie sonst nirgends eine erhebliche Störung zeigte; in genau demselben Zustand befanden sich die Bewegungsempfindungen, da diese an dem linken Knie und allen darunter liegenden Gelenken fast aufgehoben waren, während sie am linken Hüftgelenke und am ganzen rechten Beine normale Werte aufwiesen. Die Ortswahrnehmung dagegen legte einen durchaus verschiedenen, vielmehr mit der Beschädigung des Hautsinnes zusammenfallenden Verlauf zutage: sie hatte also hauptsächlich am andern Beine gelitten.

Aus der sehr scharfen Trennungslinie zwischen den in bezug auf Lagewahrnehmung beschädigten und den gesunden Körperteilen entsteht eine große Wahrscheinlichkeit, daß die Lagewahrnehmung haupt-

sächlich von einem einzigen physiologischen Organ abhängt. Und diese Wahrscheinlichkeit wird beinahe zur Gewißheit dadurch, daß dieselbe scharfe Abgrenzung der Symptome nicht nur bei Läsionen des Rückenmarks, sondern auch bei solchen der Hirnrinde häufig vorkommen[1]). Denn hätten mehrere Organe (Gelenkfläche, Muskeln, Sehnen, Haut usw.) eine selbständige Fähigkeit zur Orientierung über die Gelenkwinkel, so könnten sie nicht insgesamt von kleinen Läsionen an beliebiger Stelle der Leitungsbahn paralysiert werden, sondern die Abschwächung des Orientierungsvermögens müßte nur sehr partiell sein; daß die Läsionen wirklich klein waren, wird durch die zeitweise außerordentlich kleine Ausdehnung der trotzdem sehr intensiven Symptome genügend bezeugt.

Und wenn das Hilfsmittel zur Orientierung über die Gelenkwinkel überhaupt als einheitlich postuliert werden muß, so ist es erst recht unmöglich, zwei verschiedene Hilfsmittel für die Lage- bzw. die Bewegungswahrnehmung anzunehmen; denn die Beschädigungen dieser beiden Fähigkeiten zeigen nicht nur im Falle von S., sondern auch überall sonst einen genau parallelen Verlauf. Aber dann läßt sich dieses Hilfsmittel schwerlich mit irgendwelchen bemerkbaren Bewegungsempfindungen identifizieren; denn sobald ein Gelenk in einer Lage ruht, so verschwinden eben diese Empfindungen[2]); ferner sind diese Bewegungsempfindungen äußerst gleichförmig[3]), so daß sie kaum zwanzig unterscheidbare Stufen darbieten dürften, während doch, um alle noch unterscheidbaren Winkel zu bestimmen, z. B. das Schulter-

---

[1]) Siehe Dana, Journal of Nervous and Mental Diseases, 1894; Wernicke, Arbeiten a. d. psychiat. Klinik in Breslau, Heft II; Starr, Psych. Review, Bd. II; Frenkel, Neurolog. Zentralblatt, 1897, S. 688 und 734.

[2]) Diese Beobachtung war es, welche Goldscheider zur oben bestrittenen Hypothese drang, daß die Orientierung über den Gelenkwinkel während einer Bewegung zwar von der Gelenkfläche, aber während der Ruhe von der Haut und den Sehnen besorgt wird. Dieser vermeintlichen Fähigkeit der Haut ist nicht nur durch die obigen Betrachtungen, sondern in direkter Weise durch meine Beobachtungen an S. widersprochen worden; es konnte nämlich sowohl die Bewegungs- wie auch die Lagewahrnehmung eines Gelenkes aufgehoben sein, obgleich die Sensibilität der umgebenden Haut ziemlich intakt war.

[3]) Sehr oft werden die eigentlichen Bewegungsempfindungen (im Sinne von Goldscheider) mit ganz andern von der Haut herrührenden taktilen Empfindungen verwechselt.

gelenk etwa 200 000 Stufen, oder 300 mal so viel wie zwischen tiefstem Schwarz und blendendem Weiß, besitzen müßte.

Eine andere Erscheinung bei S., worauf in der Einleitung hingewiesen wird, bestand in dem merkwürdigen Verhalten seiner Symptome unter dem Einfluß der Ermüdung. Es wurde ihm nämalle 2—3 Tage gegönnt, einige Minuten hin und her zu spazieren. In bezug auf den Ortssinn (welchen ich nach der bekannten visuellen Methode von Volkmann prüfte) wurde dabei nie die geringste Änderung herbeigeführt; die Schwellen blieben nach wie vor $^1/_3$ bis 2 mal (je nach dem Gliedabschnitt) größer als die des durchschnittlichen Menschen. Aber auf den Raumsinn, welcher sonst bei S. ganz normal war, zeigte sich die Wirkung des kleinen Spazierganges so mächtig, daß nunmehr keine zwei simultanen Eindrücke irgendwo auf demselben Abschnitt eines Beines als zwei erkannt werden konnten.

II. Anhang.

Formel zum Eliminieren des Beobachtungsfehlers.

Zuerst erinnere ich an die Formel für den Bravaisschen Korrelationskoeffizienten, welche sich vielleicht am bequemsten in der folgenden Weise darstellen läßt:

$$r = \frac{Sxy}{\sqrt{Sx^2 \cdot Sy^2}}$$

wo x (bzw. y) = der Abweichung irgendeines beobachteten Merkmals vom durchschnittlichen Werte aller Merkmale derselben Klasse, zu der x gehört (bzw. y); xy = dem Produkt von irgend einem x mit dem zusammengehörenden y; Sxy = der Summe solcher Produkte für alle in Betracht gezogenen Fälle; Sx^2 (bzw. Sy^2) = der Summe der Quadrate für alle Werte von x (bzw. y); und r = dem verlangten Korrelationskoeffizienten zwischen den Klassen x und y.

Um nun den Beobachtungsfehler zu eliminieren[1]), muß man mindestens zwei voneinander unabhängige Beobachtungsserien für jede

[1]) Dieses Verfahren ist von mir ausführlicher im American Journ. Psych., S. 89 bis 92 angegeben worden.

der beiden wahren Serien x und y besitzen. Dann benutzt man folgende Gleichung:

$$r'_{xy} = \frac{r_{xy}}{\sqrt{r_{xx} \cdot r_{yy}}}$$

wo r_{xy} = dem durchschnittlichen Wert der Korrelationen der Beobachtungsserien für x mit denen für y,

r_{xx} (bzw. r_{yy}) = dem (eventuell durchschnittlichen) Wert der Korrelation zwischen den verschiedenen Beobachtungsserien für dieselbe wahre Serie x (bzw. y),

und r'_{xy} = dem verlangten korrigierten Korrelationskoeffizienten der wahren Serie x mit der wahren Serie y.

In unserem Falle läßt sich die wahre Serie x durch die durchschnittlichen Lokalisationen von unendlich vielen Beobachtern bei jeder der betreffenden Entfernungen der Reize vom Ellenbogen darstellen; dafür bekommt man leicht die erforderlichen zwei Beobachtungsserien, indem man die vorhandenen Beobachter in zwei beliebigen Gruppen verteilt; dann liefert jede Gruppe offenbar eine unabhängige Beobachtungsserie für dieselbe wahre Serie x. Die wahre Serie y wird hier durch die wirklichen Entfernungen der Reize vom Ellbogen repräsentiert, wofür man beliebig viele Beobachtungsserien anstellen kann; aber in solchen bloß physikalischen Messungen sind die Beobachtungsfehler im allgemeinen zu gering, um den Korrelationskoeffizienten merklich herabzusetzen, und deshalb dürfen sie wohl in der Praxis vernachlässigt werden (was bei den meisten psychologischen Messungen gar nicht der Fall ist).

III. Anhang.

Korrelation zwischen Ordnungsserien.

Um die Korrelation zwischen zwei Serien von fortlaufenden Ordnungszahlen in der einfachsten Weise zu berechnen, habe ich folgende Formel benutzt[1]):

[1]) Sie ist von mir ausführlicher im American Journal of Psychology, S. 86—88 beschrieben worden.

$$R = 1 - D \frac{3}{n^2 - 1},$$

wo D die Summe der Differenzen zwischen je zwei zusammenhängenden Ordnungszahlen, und R den verlangten Korrelationskoeffizienten darstellt. Im gegenwärtigen Falle haben wir also

Beobachter	Ordnung in bezug auf			Differenzen zwischen	
	a Entwicklung des Tastsinnes nach Urteil des Direktors	b konstanten Lokalisationsfehler	c variabeln Lokalisationsfehler	a und b	a und c
M. W.	1	1	1	0	0
I. S.	2	2	4	0	2
R. B.	3	3	2	0	1
M. K.	4	4	5	0	1
K. W.	5	5	3	0	2
				$D = 0$	$D = 6$

Danach ist $R_{ab} = 1 - 0 \frac{3}{5^2 - 1} = 1,$

$$R_{ac} = 1 - 6 \frac{3}{5^2 - 1} = 0{,}25.$$

Die wahrscheinliche Abweichung dagegen ist mit genügender Annäherung $= \frac{0{,}4}{\sqrt{n}}$, also hier $= \frac{0{,}4}{\sqrt{5}} = 0{,}18.$

Um nun diesen Koeffizienten R in den gewöhnlicheren r zu überführen, hat man die Beziehung $r = \sin\left(\frac{\pi}{2} R\right)$; dadurch ändern sich obige Werte von 0,25 bzw. 0,15 nunmehr zu den Werten 0,39 bzw. 0,29. Diese Beziehung habe ich an einhundertundelf von mir nach beiden Weisen ausgerechneten psychologischen Korrelationen bestätigen können, mit einer durchschnittlichen Diskrepanz, die weniger als ein Drittel der durchschnittlichen wahrscheinlichen Abweichung betrug. (Durch diese Konstanz der Beziehung zwischen zwei auf verschiedenen Potenzen der individuellen Differenzen beruhenden Koeffizienten wird bewiesen, daß solche psychologische Korrelationen sich einer einzigen Gestalt nähern, deshalb dürfen sie in einer für die meisten Zwecke genügenden Weise durch einen einzigen Koeffizienten dargestellt werden.)

Vita.

Ich, Charles Edward Spearman, wurde am 10. September 1863 zu London geboren, und dann in dem Bekenntnis der englischen Kirche erzogen. Ich besuchte im Jahre 1873 eine Bürgerschule in Leamington, und im Jahre 1875 das Gymnasium daselbst. Im Jahre 1882 verließ ich das Gymnasium mit einem Zeugnis, wodurch ich für die Zulassung zur Universität Oxford oder Cambridge qualifiziert und von der Obliegenheit der dort im ersten Jahre üblichen Prüfungen enthoben wurde. Im Jahre 1883 wurde ich zum Offizier ernannt und nahm im Jahre 1898 meinen Abschied. Vom Oktober 1899 bis Februar 1900 studierte ich an der Universität Leipzig, wurde dann zum Generalstab der englischen Armee berufen und kehrte im Dezember 1902 nach der Universität Leipzig zurück, wo ich seither medizinische und philosophische Studien betrieben habe. Allen meinen hochverehrten Lehrern danke ich herzlich auch an dieser Stelle.

Leipzig, im Juli 1905.

Charles Edward Spearman.